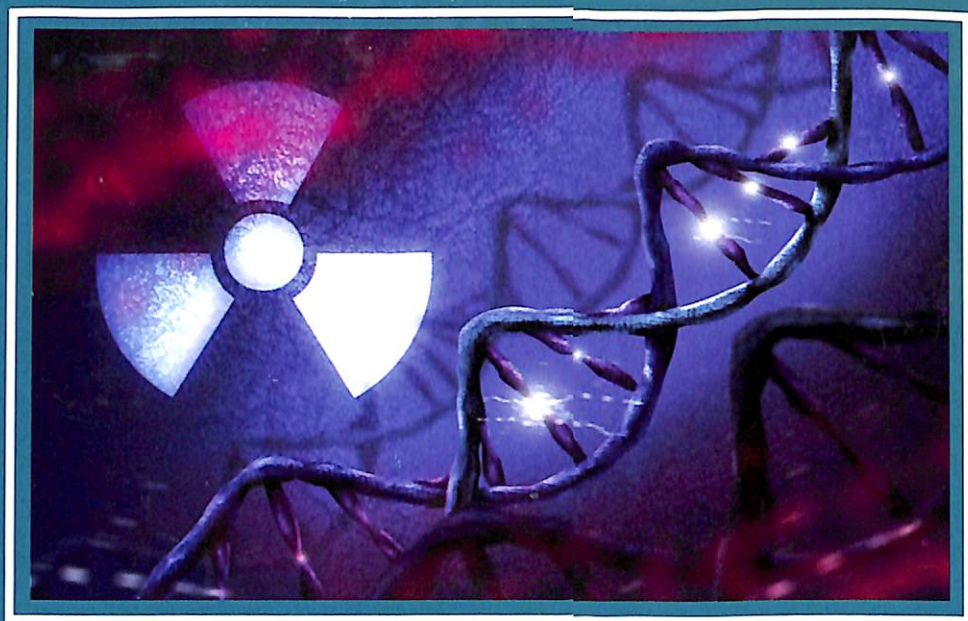


UMUMIY VA TIBBIY RADIOBIOLOGIYA



O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS
TA'LIM VAZIRLIGI
O'ZBEKISTON SOG'LIQNI SAQLASH VAZIRLIGI
TOSHKENT TIBBIYOT AKADEMIYASI

UMUMIY VA TIBBIY RADIOBIOLOGIYA

O'quv qo'llanma



*Cho'lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi
Toshkent – 2019*

UO'K 577.34(075.8)
KBK 28.071ya73
U 52

Mualliflar:

- M.I. Bazarbayev* – Toshkent tibbiyot akademiyasi «Informatika va biofizika» kafedrası mudiri, fizika-matematika fanlari nomzodi;
G.G'. Radjabova – O'zMU Biologiya fakulteti «Fiziologiya va biofizika» kafedrası dotsenti, b.f.n.
G.A. Bekmurodova – O'zMU Biologiya fakulteti «Fiziologiya va biofizika» kafedrası o'qituvchisi;
N.A. Fayziyeva – Toshkent tibbiyot akademiyasi «Informatika va biofizika» kafedrası assistenti;
M.Q. Norbutayeva – Toshkent tibbiyot akademiyasi «Informatika va biofizika» kafedrası assistenti

Taqrizchilar:

- L.S. Kuchkarova* – O'zMU Biologiya fakulteti «Fiziologiya va neyrobiologiya» kafedrası professori, b.f.d.
F.I. Salomova – Toshkent Tibbiyot Akademiyasi «Atrof-muhit gigiyenasi» kafedrası professori, t.f.d.

U 52 Umumiy va tibbiy radiobiologiya. O'quv qo'llanma [Matn]/ darslik/ M.I. Bazarbayev, G.G'. Radjabova, G.A. Bekmurodova, N.A. Fayziyeva, M.Q. Norbutayeva/Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi. – T.: Cho'lpon nomidagi NMIU, 2019. – 272 b. ISBN 978-9943-5386-9-6

Bu o'quv qo'llanma tibbiy-biologik fanlar yo'nalishi bo'yicha ta'lim olayotgan talabalar va radiobiologiya bo'yicha ilmiy izlanishlar olib boruvchi tadqiqotchilar uchun mo'ljallangan. Qo'llanma radiobiologiya fanini muvaffaqiyatli o'zlashtirish uchun zaruriy keng ko'lamdagi masalalarni qamrab olgan va tinglovchilarni radiobiologiyaning fan sifatida kelib chiqishi, radiobiologik tadqiqot uslublarining asosiy yo'nalishlari bilan tanishtiradi.

UOK 577.34(075.8)
KBK 28.071ya73

© M.I. Bazarbayev va boshq., 2019
© Cho'lpon nomidagi NMIU, 2019

ISBN 978-9943-5386-9-6

KIRISH

Radiobiologiya (*radiatsion biologiya*) – ionlashtiruvchi nurlanish va ionlashtiruvchi ta'sirga ega bo'lmagan nurlanishning biologik ta'sir mexanizmlarini o'rganuvchi, jumladan, radiatsion energiyaning alohida molekulalar tomonidan yutilishidan tortib, hujayra va organizm darajasida yuz beruvchi murakkab tavsifga ega biologik o'zgarishlargacha jarayonlarni tavsiflovchi fan sohasi hisoblanadi.

Radiobiologiya fanini o'rganishning **dolzarbligi** bevosita, nazariy jihatdan radiatsion nurlanish va uning biologik obyektlarga (jumladan, odam organizmiga) ta'sir mexanizmlari haqida ilmiy bilimga ega bo'lish, amaliy jihatdan tabiiy radiatsion fon, tibbiy rentgenologik diagnostika qurilmalari, maishiy turmushda foydalaniladigan qurilmalar ta'sirida nurlanish kelib chiqishi xavfidan ogoh bo'lish bilan bog'liq.

Shuningdek, XXI asrda AQSH, Rossiya, Angliya, Fransiya, Xitoy, Hindiston, Pokiston kabi davlatlarning rasmiy ravishda va ayrim mamlakatlarning norasmiy ravishda yadro quroliga egalik qilishi insoniyat uchun global miqyosida ommaviy yadro qirg'in qurollari xavfi yuzaga kelishi ehtimoli mavjudligini anglatadi.

Bundan tashqari, sir emaski, radioaktiv manbalarni qayta ishlash va radioaktiv chiqindilarni saqlash hududlari, atom elektr stansiyalarida yuzaga kelishi ehtimoli mavjud bo'lgan halokatlar bilan bog'liq favqulodda vaziyatlarda radiobiologiya sohasiga tegishli elementar bilimlarga ega bo'lish zaruriyati yuzaga keladi. Hozirgi vaqtda dunyo miqyosida 40 dan ortiq davlatlar harbiy mudofaasi elektr energiya ishlab chiqarish maqsadida va ilmiy-amaliy maqsadlarda foydalaniluvchi doimiy radioaktiv manba zahiralarga ega hisoblanadi. Bu holat so'zsiz ravishda radioaktiv

obyektlarda tasodifiy texnogen halokatlar yuzaga kelishi mumkinligini belgilab beradi.

1950-yildan boshlab avj olgan ommaviy qurollanish poygasi («sovuq urush») natijasida hozirgi kunga qadar foydalaniladigan yadro quroli sinov-poligonlari, radioaktiv manbalarga ega obyektlarda yuz bergan tasodifiy halokatlar ta'sirida dunyoning ko'plab hududlarida radiatsion jihatdan ekologik xavfli zonalar yuzaga kelganligi qayd qilinadi. Jumladan, MDH davlatlari miqyosida 10% hudud radiatsion xavfli zona sifatida belgilangan. Bunday tavsifga ega hududlarning 80% qismi Belorussiya, 30% qismi Ukraina, 40% qismi Qozog'iston hududiga to'g'ri kelishi aniqlangan, shuningdek, Rossiyada 1 000 000 km² hudud radiatsion nurlanish xavfi yuqori hisoblangan zona hisoblanadi va bu hududlarda 10 000 000 dan ortiq aholi istiqomat qilishi qayd qilingan.

Shuningdek, hozirgi davrda terrorizm muammosi insoniyatni global miqyosida tashvishga solayotgan illatlardan biri sifatida namoyon bo'lishi kuzatilmoqda. Ushbu qora niyatli kuchlarning asosiy nishonlaridan biri aynan atom energetikasi manbalariga yo'naltirilganligi taxmin qilinadi. Shu sababli, radiatsion manbalardan foydalanish, ularni saqlash va himoya qilishga qaratilgan qat'iy qoida-tartiblarni ishlab chiqish va amaliyotga joriy qilish talab qilinadi.

Yuqorida keltirilgan holatlardan kelib chiqib, qayd qilish mumkinki, radiobiologiya fani nazariy va amaliy jihatdan kishilik jamiyatining barqaror taraqqiyoti va insoniyat istiqboli uchun xizmat qiluvchi, muhim bilimlar tizimidan biri hisoblanadi.

Mavzu: Radiobiologiya fanining predmeti, tadqiqot obyekti, maqsad va vazifalari, radiobiologiya fanining rivojlanish tarixi. Ionlashtiruvchi nurlanish va uning xossalari.

Dozimetriya.

Doza va o'lchov birliklari. Dozimetrik qurilmalar

Reja:

1. Radiobiologiya fanining predmeti va tadqiqot obyekti, fanning maqsad va vazifalari.
2. Radiobiologiya fanining rivojlanish bosqichlari.
3. Atom yadrosining tuzilishi va fizik xarakteristikalari. Ionlashtiruvchi nurlanish turlari va xossalari.
4. Dozimetriya. Doza va o'lchov birliklari. Dozimetrik qurilmalar.

Tayanch so'zlar: radiobiologiya, radiatsion biofizika, bioximiya, sitologiya, genetika, ekologiya, gigiyena, mikrobiologiya, ionlovchi nurlar, singib kiruvchi nurlari onizatsiyasi, flyuorestsentsiya, korpuskula, kvant nurlar, radioaktiv parchalanish, aktivlik, doza, ekspozitsion, yuza, chuqurlik, nisbiy, integral, dozimetriya, fizikaviy, kimyoviy, biodozimetriya, dezaktivatsiya.

Radiobiologiya ionlashtiruvchi nurlanishning odam va hayvonlarga ta'sirini o'rganuvchi fan sohasi hisoblanadi.

Radiobiologiya fanining **predmeti** ionlashtiruvchi nurlanishning turlari va manbalarini tavsiflash, uning biologik obyektlarga ta'sirining molekulyar mexanizmlarini o'rganish hisoblanadi.

Radiobiologiya fanining **tadqiqot obyekti** tirik organizmlar (*hayvonlar, o'simliklar, mikroorganizmlar*), to'qimalar, organ va hujayralar va molekulalar (*jumladan, makromolekulalar*) hisoblanadi.

Radiobiologiya fanining tadqiqot obyekti quyidagi 3 ta bo'limga ajratiladi:

1. Murakkab tizimlar (ekologik tizimlar, populyatsiya, ko'p hujayrali organizmlar, organlar va to'qimalar) radiobiologiyasi.
2. Hujayra radiobiologiyasi.
3. Molekulyar radiobiologiya.

«Radiobiologiya fanining predmetini tashkil qiluvchi fundamental vazifalar ionlashtiruvchi nurlanish ta'siriga nisbatan biologik javob reaksiyasining umumiy qonuniyatlarini aniqlash va ushbu asosda organizmda yuzaga keluvchi nurlanish reaksiyalarini boshqarish san'atini o'zlashtirishdan tashkil topadi».

Radiobiologiyaning **maqsadi** radiatsion nurlanish kasalligi etiologiyasini o'rganish, ionlashtiruvchi nurlanishning biologik ta'sir qonuniyatlarini aniqlash va radiatsion nurlanishning biologik organizm va uning avlodlariga salbiy ta'sirini bartaraf qilishdan iborat.

Radiobiologiya fanining **vazifalari** quyidagilardan tashkil topgan:

- Odam salomatligiga xavfli hisoblangan radiatsion nurlanish manbalarini o'rganish;
- Ionlashtiruvchi nurlanishning biologik ta'sirini o'rganish;
- Odam organizmini ionlashtiruvchi nurlanishga qarshi himoya vositalarini ishlab chiqish va nurlanish sharoitida uning salbiy oqibatlariga qarshi kurashish va qayta tiklanishga qaratilgan chora-tadbirlarni ishlab chiqish;
- Atrof-muhit va qishloq xo'jaligi mahsulotlarining odam va hayvonlar organizmiga radiatsion xavf tug'dirishi darajasini baholash;
- Ionlashtiruvchi nurlanishning turli xil kasalliklarga tashxis qo'yish va davolash maqsadlarida, shuningdek, qishloq xo'jaligi, oziq-ovqat sanoati va mikrobiologiya sohalarida samarali foydalanish texnologiyalarini ishlab chiqishni ilmiy jihatdan asoslab berish;
- Texnogen halokatlardan va yadro qurolining radioekologik oqibatlarini o'rganishdan tashkil topadi.

Radiobiologiya fani biologiya, sitologiya, genetika, biofizika, yadro fizikasi, farmakologiya, gigiyena, radiologiya, tibbiyot radiologiyasi va rentgenologiya, ekologik radiobiologiya va radiobiofizika kabi alohida fan sohalariga ajratiladi.

Umumiy holatda, **radiobiologiya** radiatsion nurlanishning biologik obyektlar va tizimlarga ta'sirining umumiy qonuniyatlarini o'rganadi.

Radiobiologiyaning paydo bo'lishi V.K. Rentgenning X nurlarni (1895-y.), A. Bekkerelning uran tabiiy radioaktivligini (1896-y.) va M. Sklodovskaya-Kyuri va P. Kyuri tomonidan poloniy va radiy radioaktiv xossalari (1898-y.) ochilishi bilan bog'liq. Rentgen nurlari ochilishidan so'ng ionlanuvchi nurlanishning biologik ta'sirini o'rganish boshlandi. G. Heyneke rentgen nurlari bilan sichqonlarga ta'sir etib nurlanishli anemiya va leykopeniyani o'rgandi. 1903-yilda D. Bun hujayra radiosezgirlikida uning yadrosi shikastlanishini aniqladi. Radiobiologiyaning boshlang'ich davrida ionlantiruvchi nurlanish ta'sirida hujayralar bo'linishi sekinlashuvi (Kornike, 1905) va turli hujayralarning nurlanishga reaksiyalarida farqi borligi (Bergone va Tribondo, 1906) aniqlandi.

XX asrning birinchi choragida ionlantiruvchi nurlanishning embriogenezga ta'siri o'rganildi. Shu davrda radiobiologiyaning miqdoriy bog'lanishlari tadqiq etila boshlandi. 1922-yilda F. Dessauer hujayrada ionlashish hodisalarini tushuntiruvchi birinchi nazariyani taklif etdi, amerikalik olim G. Miller ionlashtiruvchi nurlanishning mo'tagen ta'sirini ochdi.

XX asrning 40–60-yillarida AQSH, Yevropa va Rossiyada yirik atom markazlari qoshida maxsus radiobiologiya laboratoriyalari tashkil etildi. Shu paytlarda amerika olimlari A. Hollender, G. Kurtis, A.S. Perrou, V. Rasel, ingliz olimlari L. Grey, P. Aleksandr, J. Lautit, fransuz olimlari P. Latarje, J. Mate, nemis olimlari K. Simmer, U. Hagen, B. Rayevskiy, yapon olimi T. Sugahara, rus olimlari A. Kuzin, N. Dubinin 1945-yilda Xirosima va Nagasaki shaharlarida atom bombalari portlatilganidan so'ng radiobiologik effekt mexanizmlari va nur kasalligi patogenezini o'rganishga, nurlanishdan himoya usullarini ishlab chiqishga katta e'tibor berishdi.

O'zbekistonda 1956-yilda Yadro fizikasi instituti tashkil etilgach, radiobiologiya tadqiqotlari boshlandi. 1964-yilda akademik Yo.X. To'raqulov va R. Islombekovlar qalqonsimon bezning kasalliklarini davolashda ionlantiruvchi nurlanishlardan foydalangani uchun davlat mukofotiga sazovor bo'lishdi. SamQXI fizika kafedrasida ishlagan dotsent M. Yangibayev ham akademik Yo.X. To'raqulovning

raqulov rahbarligida qalqonsimon bezga ionlantiruvchi nurlanish ta'sirini o'rgandi. 1976-yilda nishonli radiopreparatlar chiqarish yo'lga qo'yildi. O'zbekistonda radiobiologiya sohasiga salmoqli hissa qo'shgan olimlar qatorida A. Qosimov, J. Musayev, N. Nazirovlar ham bor.

1950–60-yillarda turli mamlakatlarda radionuklidlarning tarqalishi va tirik organizmlarda to'planishiga oid tadqiqotlar o'tkazilishi natijasida yadro qurollarining atmosferada, suv ostida va kosmosda sinovlarini o'tkazishni taqiqlash haqidagi xalqaro shartnomalar qabul qilindi.

Radiobiologiyaning dolzarb masalalarini o'rganish uchun Birlashgan Millatlar Tashkiloti qoshida maxsus qo'mitalar tashkil qilindi.

Hozirgi davrda radiobiologiyada hujayralarning radiatsion shikastlanishi mexanizmlari, nurlanish kasalligini davolash usullari, radiatsion kanserogenez mexanizmlari, kosmik radiobiologiya masalalarini o'rganish bormoqda.

Umumiy holatda radiobiologiyaning rivojlanish tarixini quyidagi bosqichlarga ajratiladi:

I bosqich – 1890–1922-yillar.

II bosqich – (1922–1945-yillar) bu davrda radiatsion nurlanishning biologik ta'sirini tavsiflash, ionlashtiruvchi nurlanishning mo'tagen ta'sirini o'rganishning davom ettirilishi, *radiatsion genetika* sohasining rivojlanishi, radiatsion nurlanishning moddaga yutilishini miqdoriy tavsiflash ishlab chiqilishi amalga oshirilgan.

III bosqich – 1945-yildan 1986-yilgacha ya'ni, 1945-yilda «Xirosima-Nagasaki» fojiasidan keyingi davr, bu davr radiatsion nurlanishning biologik ta'sir mexanizmlarini aniqlash va unga qarshi kurash vositalarini ishlab chiqish davri hisoblanadi.

IV bosqich – radiatsion nurlanishning ta'sirini o'rganish yo'nalishidagi zamonaviy davr (1986-yilda «Chernobil» fojiasi yuz berganidan keyin).

E. Rezerford tomonidan kimyoviy element atomi yadrosining tuzilishi modeli haqidagi maqola «*Philosophical Magazine*» (1911.-V.6.21) jurnalida nashr qilinadi. Bu modelga ko'ra, atom musbat (+) zaryadlangan yadro va uning atrofida harakatlanuvchi manfiy

(-) zaryadlangan elektronlardan tashkil topgan. Atomning ~99,96% og'irligi yadroda mujassamlashgan bo'lib, uning diametri o'lchami umumiy atom diametridan 100 000 marta kichik qiyamatga ega hisoblanadi.

Shuningdek, kimyoviy element atom yadrosining tuzilishini o'rganishda N. Bor, G. Mozli, R. Milliken, X.V. Geyger, E. Marsden, J. Chedvik kabi olimlar katta hissa qo'shishgan.

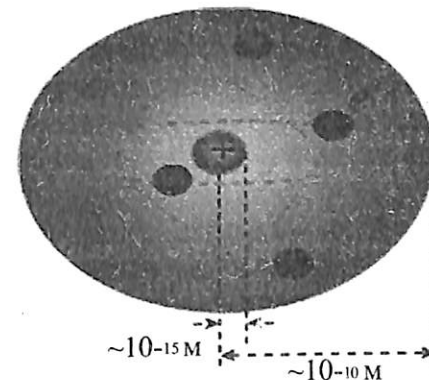
Kimyoviy element atomi markazida proton (p_1^{1+}) va neytronlardan (n_1^0) tashkil topgan, musbat (+) zaryadlangan yadro joylashgan bo'lib, uning o'lchamlari italiyalik fizik olim Enriko Fermi (1901–1954) sharafiga fermi o'lchov birligi bilan o'lchash qabul qilingan.

Keyinchalik kimyoviy element atomi tarkibi quyidagi zarrachalardan tashkil topganligi aniqlangan:

1-jadval

Atom tarkibi

Zarrachaning nomlanishi	Shartli belgilanishi	Nisbiy atom og'irligi	Nisbiy atom zaryadi
Proton	P	1,007 ≈1	1+
Neytron	N	1,009 ≈1	0
Elektron	e ⁻	1/1840	1-



Atom yadrosining tuzilishi

Ya'ni, atom yadrosining radiusi $\sim 10-15$ metrğa (1 fermi) teng hisoblanadi. Yadro tarkibida proton va neytronlar — **nuklonlar** (lotin tilida — *nucleus* — *yadro* degan ma'noni anglatadi) joylashgan bo'lib, protonning zaryadi $+1,6 \times 10^{-19} Kl$ va og'irligi $1,673 \times 10^{-27}$ kg ga teng hisoblanadi va protonlar soni kimyoviy element atomi yadrosining zaryadini ifodalaydi. Neytron esa zaryadsiz zarracha bo'lib, og'irligi $1,675 \times 10^{-27}$ kg ga teng hisoblanadi. Atom yadrosi atrofida — **elektron orbitallar** bo'ylab, manfiy ($-$) zaryadlangan elektronlar (e^-) harakatlanadi.

Elektronning zaryadi $+1,6 \times 10^{-19} Kl$ va og'irligi $9,11 \times 10^{-31} kg$ ga teng hisoblanadi.

Ionlashtiruvchi nurlanish — elektromagnit nurlanishning nisbatan batafsil o'rganilgan spektri hisoblanib, aynan radiobiologiya va radiobiofizika fanining tadqiqot sohasini tashkil qiladi.

Barcha zaryadlangan zarrachalar modda bilan ta'sirlashishi natijasida o'z energiyasini yo'qotishi va bu energiyaning modda atomi tomonidan yutilishi hisobiga **ionizatsiya** hodisasi yuzaga keladi.

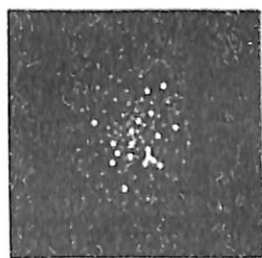
Masalan, o'limga olib keluvchi $\sim 600 Ber$ radiatsion nurlanish ta'sir ko'rsatishi oqibatida, odam organizmida har $1 sm^3$ biologik to'qimaga nisbatan taxminan 10^{15} dona ion hosil bo'lishi hisoblab chiqilgan.

Ionlashtiruvchi nurlanish turlariga **elektromagnit nurlanish spektrlari** (γ -nurlanish va rentgen nurlanishi), korpuskulyar nurlanish kiradi.

Rentgen nurlanishi $50-500 keV$ energiya diapazonini o'z ichiga qamrab oladi. γ -nurlanish bir necha o'n keV dan bir necha MeV gacha energiya diapazonni o'z ichiga oladi.

Shuningdek, $E < 50 keV$ energiyaga ega rentgen nurlanishi — **yengil ta'sirga** ega va $E > 50 keV$ energiyaga ega holatda esa — **kuchli (og'ir) ta'sirga ega** rentgen nurlanishi deb nomlanishi qabul qilingan.

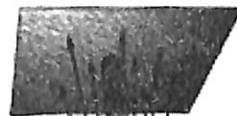
Korpuskulyar nurlanish — elektron, pozitron, neytron, α -zarrachalar, protonlar, tezashtirilgan ionlar yordamida yuzaga keltiriladi. Shuningdek, elektronlar ta'sirida yuzaga keluvchi



Oltin (Au) to'siq mavjud bo'lmagan holatda lyuminesstetsion ekranining foto tasviri (har bir nuqta α -zarrachalar ekran bilan to'qnashish holatini aks ettiradi)



Mikroskop



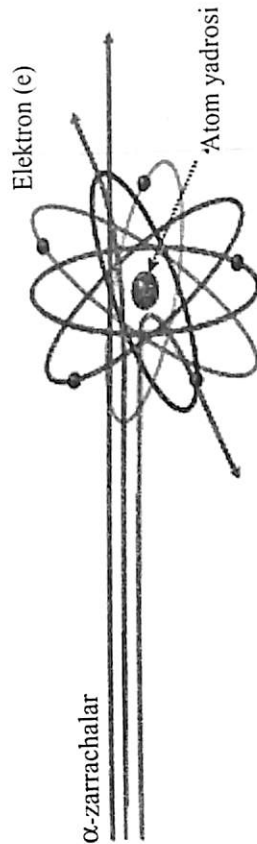
Lyuminesstetsion ekran

Oltin (Au) to'siq

Radioaktiv element



Radioaktiv element



E. Rezerford tajribasi va atomning yadro modeli

nurlanish turi sifatida – radioaktiv atom yadrosi parchalanishi oqibatida yuzaga keluvchi, 0,002–2,3 MeV energiyaga ega bo‘lgan elektronlar (β -zarrachalar) hosil bo‘ladi.

Korpuskulyar ionlashtiruvchi nurlanishga quyidagilar kiritiladi:

- β -zarrachalar oqimi (elektronlar yoki pozitronlar oqimi);
- Protonlar (H^+), deytronlar (D^+) oqimi;
- α -nurlanish (geliy atomi yadrosi oqimi);
- Neytronlar (n^0) oqimi.

Shuningdek, S.P. Yarmonenko tomonidan ishlab chiqilgan (1985) tasniflashga ko‘ra, ionlashtiruvchi nurlanish quyidagi turlarga ajratiladi:

Atom og‘irligi mavjudligiga bog‘liq holatda:

I. Elektromagnit nurlanish (atom og‘irligiga ega emas):

- Rentgen nurlanish;
- γ -nurlanish.

II. Korpuskulyar nurlanish (atom og‘irligiga ega):

- α -zarrachalar (geliy atomi yadrosi);
- β -zarrachalar (pozitron, elektron);
- Protonlar;
- Neytronlar;
- Yengil elementlar yadrosi;
- Mezonlar va boshqa zarrachalar.

Zaryadi mavjudligiga bog‘liq holatda:

I. Elektrik jihatdan neytral tavsifga ega nurlanish:

- Rentgen nurlanish;
- γ -nurlanish.
- Neytronlar.

II. Zaryadli zarrachalar oqimi:

- α -zarrachalar (geliy atomi yadrosi);
- β -zarrachalar (pozitron, elektron).

Ionizatsiya zichligi bo‘yicha:

I. Siyrak ionizatsiya (Rentgen nurlanishi; γ -nurlanish, elektronlar);

II. Zich holatdagi ionizatsiya (α -zarrachalar, β -zarrachalar, neytronlar).

Elektromagnit nurlanish spektrlari

Tipi	Nurlanish		To‘lqin diapazoni (m)	Chastota (Gs)	Kvant energiyasi (eV)	Tabiiy manbalari
	Turi					
Ionlashtiruvchi	γ -nurlanish		$10^{-10} - 10^{-15}$	$3 \times 10^{18} - 3 \times 10^{23}$	$1,24 \times 10^4 - 1,24 \times 10^9$	Kosmik jarayonlar, tezlashtirilgan zarrachalarning atom bilan ta'sirlashishi, radionuklidlarning radioaktiv parchalanishi, yadro reaksiyalari
	Rentgen nurlanishi		$10^{-7} - 10^{-11}$	$3 \times 10^{15} - 3 \times 10^{19}$	$12,4 \times 10^5 - 1,24 \times 10^5$	
Optik	Ultrabinafscha		$4 \times 10^{-7} - 10^{-8}$	$7,5 \times 10^{14} - 3 \times 10^{16}$	$3,1 - 1,24 \times 10^2$	Quyosh, Oy, yulduzlar, kosmik manbalar, Yerdagi joylashgan obyektlar, atom va molekularning nurlanishi va boshq.
	Ko‘rinuvchi		$7,6 \times 10^{-7} - 4 \times 10^{-7}$	$3,95 \times 10^{14} - 7,5 \times 10^{14}$	1,63–3,1	
	Infraqizil		$10^{-3} - 7,6 \times 10^{-7}$	$3,1 \times 10^{11} - 3,95 \times 10^{14}$	$1,24 \times 10^{-3} - 1,63$	
Radiochastota	Detsimillimetr		$10^{-3} - 10^{-4}$	$3 \times 10^{11} - 3 \times 10^{17}$	$1,24 \times 10^{-3} - 1,24 \times 10^{-2}$	Quyosh, Oy, planetalar, yulduzlar, kosmik obyektlar, chaqmoq, qutb yog‘dusi, tirik organizmlar, elektr qurilmalar
	Yuqori chastotali		$10^{-2} - 10^{-3}$	$3 \times 10^6 - 3 \times 10^{11}$	$1,24 \times 10^{-8} - 1,24 \times 10^{-3}$	
	O‘rtacha chastotali		$10^{-3} - 10^{-2}$	$3 \times 10^5 - 3 \times 10^6$	$1,24 \times 10^{-9} - 1,24 \times 10^{-8}$	
	Past chastotali		$10^6 - 10^3$	$3 - 3 \times 10^5$	$1,24 \times 10^{-14} - 1,24 \times 10^{-9}$	

α -zarrachalar 2 ta proton va 2 ta neytrondan tashkil topgan bo'lib, geliy atomi yadrosi (${}^4_2\text{He}$) hisoblanadi. α -zarrachalarning energiyasi 4–9 MeV, harakatlanish tezligi qiymati 20 000 km/s ni tashkil qiladi va kosmik nurlanish tarkibiga kiradi.

Ionlashtiruvchi nurlanish – bu nurlantiriluvchi obyekt atom va molekulalarini bevosita yoki bilvosita qo'zg'algan holatga o'tkazish xossasiga ega bo'lgan zarrachalar yoki kvant oqimi hisoblanadi.

Radiatsion nurlanish moddaga *singish*, moddani *ionlashtirish* xossasiga ega hisoblanadi.

Ionlashtiruvchi nurlanishning sog'liqqa ta'siri va himoya choralari

Asosiy faktlar:

- ionlashtiruvchi nurlanish – bu atomlar tomonidan elektromagnit to'lqinlar yoki zarralar shaklida chiqariladigan energiya turi;
- odamlar tuproq, suv, o'simliklar kabi ionlashtiruvchi nurlanishning tabiiy manbalariga, rentgen nurlari va tibbiy asboblardan kabi sun'iy manbalarga duch kelishadi;
- ionlashtiruvchi nurlanish tibbiyot, sanoat, qishloq xo'jaligi va ilmiy tadqiqotlar uchun ko'plab foydali narsalarga ega,
- ionlashtiruvchi nurlanish cheklanmagan bo'lsa, sog'liq uchun xavf oshadi;
- agar doza ma'lum darajadan oshsa sog'likka o'tkir ta'sir ko'rsatishi mumkin, masalan terining kuyishi yoki o'tkir nurlanish sindromi;
- kam miqdordagi ionlashtiruvchi nurlanish saraton kabi uzoq muddatli ta'sir qilish xavfini oshirishi mumkin.

Ionlashtiruvchi nurlanish nima?

Ionlashtiruvchi nurlanish – bu atomlar tomonidan elektromagnit to'lqinlar (gamma yoki rentgen nurlari) yoki zarrachalar (neytronlar, beta yoki alfa) shaklida chiqariladigan energiya turi. Atomlarning o'z-o'zidan parchalanishi radioaktivlik deb ataladi

va bundan kelib chiqadigan ortiqcha energiya ionlashtiruvchi nurlanishning bir turi hisoblanadi. Parchalanish paytida va ionlashtiruvchi nurlanish chiqaradigan barqaror bo'lmagan elementlarga radionuklidlar deyiladi.

Barcha radionuklidlar ular chiqaradigan nurlanish turi, radiatsiya energiyasi va yarim yemirilish davri bilan o'ziga xos tarzda aniqlanadi. Radionuklid miqdorining indikator sifatida ishlatiladigan faollik becquerels (Bq) deb nomlangan birliklarda ifodalanadi: bitta beckerel soniyasiga bitta parchalanishdir.

Yarim yemirilish davri – bu radionuklidning parchalanishi natijasida dastlabki qiymatidan ikki baravar kamayishi uchun zarur bo'lgan vaqt. Radioaktiv elementning yarimparchalanish davri – bu atomlarining yarmi parchalanadigan davr. U bir soniyaning fraksiyalaridan million yilgacha o'zgarishi mumkin (masalan, yodning muddati – 131–8 kun, uglerod – 14 ning yarimparchalanish davri 5730-yil).

Radiatsiya manbalari – odamlar har kuni tabiiy va sun'iy nurlanish ta'siriga duchor bo'ladi. Tabiiy nurlanish ko'plab manbalardan kelib chiqadi, shu jumladan tuproqda, suvda va havoda 60 dan ortiq tabiiy radioaktiv moddalardan. Tabiiy ravishda uchraydigan gaz Radon tog' jinslaridan, tuproqdan hosil bo'ladi va tabiiy nurlanishning asosiy manbai hisoblanadi. Har kuni odamlar havo, oziq-ovqat va suv radionuklidlarini nafas olishadi va so'rishadi.

Odamlar, shuningdek, kosmik nurlardan, ayniqsa yuqori balandliklarda, tabiiy nurlanishdan aziyat chekmoqda. Odamning fon nurlanishidan oladigan yillik dozasi o'rtacha 80% tabiiy ravishda yuzaga keladigan yer va kosmik nurlanish manbalaridir. Bunday nurlanish darajasi har xil jug'rofiy hududlarda farq qiladi va ba'zi joylarda global ko'rsatkichdan 200 baravar yuqori bo'lishi mumkin.

Sun'iy manbalardan keladigan nurlanish ham odamga ta'sir qiladi – yadro energiyasini ishlab chiqarishdan radiatsion diagnostika yoki davolashdan tibbiy maqsadlarda foydalanishgacha. Bugungi kunda ionlashtiruvchi nurlanishning eng keng tarqalgan sun'iy manbalari bu rentgen apparatlari va boshqa tibbiy asboblardan kabi tibbiy asboblardadir.

Ionlashtiruvchi nurlanish ta'siri

Radiatsiya ta'siri ichki yoki tashqi bo'lishi mumkin va turli yo'llar bilan paydo bo'lishi mumkin.

Ionlashtiruvchi nurlanishning ichki ta'siri radionuklidlar so'rilganida yoki qon aylanishiga kirganida (masalan, infeksiya, shikastlanish natijasida) yuzaga keladi. Ichki ta'sir qilish radionuklid o'z-o'zidan (najas bilan) yoki davolash natijasida chiqarilganda to'xtaydi.

Havodagi radioaktiv moddalar (chang, suyuqlik, aerozollar) teriga yoki kiyimga joylashganda tashqi ifloslanish paydo bo'lishi mumkin. Bunday radioaktiv material ko'pincha tanadan oddiy yuvish bilan olib tashlanishi mumkin.

Ionlashtiruvchi nurlanishning ta'siri tegishli tashqi manbadan (masalan, tibbiy rentgen apparati chiqaradigan nurlanish ta'sirida) tashqi nurlanish natijasida ham yuzaga kelishi mumkin. Tashqi nurlanish radiatsiya manbai yopilganda yoki inson radiatsiya maydonidan tashqarida bo'lganda to'xtaydi.

Odamlar turli xil sharoitlarda ionlashtiruvchi nurlanish ta'siriga duchor bo'lishlari mumkin: uyda yoki jamoat joylarida (jamoat joylarida nurlanish), ish joylarida (ish joyidagi nurlanish) yoki tibbiy muassasalarda (bemorlar, vasiylar va ko'ngillilar). Ionlashtiruvchi nurlanish ta'sirini uchta ta'sir holatlariga bo'lish mumkin.

Birinchi holat — radiatsiyaviy manbalardan ma'lum maqsadlar uchun qasddan foydalanish va ulardan foydalanish natijasida yuzaga keladigan rejalashtirilgan ta'sir, masalan, bemorlarni tashxislash yoki davolash uchun radiatsiyadan tibbiy maqsadlarda foydalanish yoki ishlab chiqarishda yoki ilmiy ishlarda nurlanishdan foydalanish.

Ikkinchi holat — bu nurlanish ta'siri allaqachon mavjud bo'lgan va mavjud bo'lgan tegishli nazorat choralari ko'rish zarur bo'lgan mavjud ta'sir qilish manbalari, masalan, uylarda yoki ish joylarida radon ta'siriga yoki atrof-muhit sharoitida tabiiy fon nurlanishiga ta'sir qilish.

Oxirgi holat — bu favqulodda vaziyatlarda tezkor choralarni ko'rish bilan bog'liq kutilmagan hodisalar natijasida yuzaga

keladigan ta'sir, masalan, yadroviy inqirozlar yoki zararli harakatlar holatlarida.

Ionlashtiruvchi nurlanishdan himoyalaniş quyidagilarni o'z ichiga oladi:

- tashkiliy choralar (korxonalarni joylashtirishda, ish joylarini tashkil qilishda yopiq va ochiq manbalar bilan ishlashda, radioaktiv moddalarni tashishda, saqlashda va ko'mishda, umumiy va individual dozimetrik nazoratni amalga oshirishda xavfsizlik talablariga rioya qilish);
- tibbiy-profilaktika choralari (qisqartirilgan ish vaqti, qo'shimcha ta'tillar, tibbiy ko'riklar, tibbiy-profilaktika ovqatlari va boshqalar);
- muhandislik usullari va vositalari (masofa va vaqt bo'yicha himoya qilish, shaxsiy himoya vositalaridan foydalanish, himoya ekranlari va boshqalar).

Shaxsiy himoya vositalari

Shaxsiy himoya vositalari tananing radioaktiv ifloslanishidan, shuningdek, alfa va beta nurlanishidan himoya qilishga mo'ljallangan.

Butun tanani himoya qilish uchun qo'l kiyimlari, bosh kiyimlar, rezina qo'lqoplar va boshqalar a qo'llaniladi. Yuqori faollikdagi izotoplar (> 10 mCi) bilan ishlaganda, kombinezonlar, maxsus ichki kiyimlar, kino vinil apron va ushlagichlar, moyli xalatlar, tufli yoki etiklar qo'llarni himoya qilish uchun ishlatiladi — qo'rg'oshinli kauchukdan qilingan qo'lqoplar, oyoqlarni himoya qilish — maxsus plastik poyabzal.

Ko'zni himoya qilish uchun oddiy stakan (alfa va yumshoq beta nurlanishi uchun), silikat yoki organik (yuqori energiyali beta nurlanishi uchun), qo'rg'oshin yoki volfram fosfati (gamma nurlanishi uchun), kadmiyli borosilikat yoki floridli ko'zoynaklar ishlatiladi.

Radioaktiv moddalar tarkibi bug', gaz yoki chang holatida bo'lganida, ulardan himoyalaniş uchun rezina yarim niqobli yopiq ko'zoynaklar qo'llaniladi.

Nafas olish organlarini himoya qilish uchun respirator yoki shlang moslamalari (gaz niqoblari), havo kostyumlari va havo dubulg'alari qo'llaniladi.

Organizmga kiradigan radionuklidlar ta'sirining oldini olish yoki qisman zaiflashtirish uchun, shuningdek, ularning tanada cho'kishining oldini olish va yo'q qilishni tezlashtirish uchun oshqozon va ichaklarni yuvish, adsorbentlar, radionuklidlarni almashtirish uchun moddalar yoki murakkab moddalarni ishlatish, ularning tanadan tez chiqarilishi (sulfat) kabi choralar bariy, kaltsiy glyukanat, kaltsiy xlorid, ammoniy xlorid, pentatsin, yod damlamasi yoki kaliy yodididi va boshqalar.

Himoya ekranlarini loyihalash va hisoblashda ularning moddasi va qalinligi aniqlanadi, ular nurlanish turiga, zarrachalar va kvantlarning energiyasiga va zarur pasayish omiliga bog'liq.

Himoya ekranlarini hisoblash har xil turdagi nurlanishlarning materiya bilan o'zaro ta'siri xususiyatlari va naqshlariga asoslanadi.

Alfa zarralaridan himoya qilish uchun ekranning qalinligi berilgan ekran materialidagi alfa zarralarining o'rtacha erkin yo'lidan oshib ketishi kerak. Alfa zarrachalarini tashqi ta'sirdan himoya qilish uchun odatda ingichka metall folga (20–100 mikron), silikat shisha, pleksiglas yoki bir necha santimetr havo bo'shlig'i ishlatiladi.

Beta nurlanishidan himoya qilish uchun kam og'irlikdagi materiallardan (alyuminiy, pleksiglas, polistiroil va boshqalar) ekranlar ishlatiladi. Beta nurlanish bir moddani o'tganda, energiya miqdori moddaning atom sonining ko'payishi bilan ortadigan ikkilamchi nurlanish paydo bo'ladi.

Beta zarralarining yuqori energiyasida ($> 3 \text{ MeV}$) tashqi qatlami alyuminiydan tayyorlangan ikki qatlamli ekranlardan foydalaniladi. Ekraning ichki qoplama boshlang'ich elektron energiyasini kamaytirish uchun past miqdordagi atom raqamiga ega materiallardan tayyorlangan.

Beta nurlanishini singdirish uchun turli xil materiallarning qatlam qalinligi, shuningdek, beta zarralarining maksimal chegarasi bilan belgilanadi.

Neytronlardan himoya ekranini loyihalashda oz miqdordagi atom raqami bo'lgan moddalar (suv, polietilen, kerosin, organik

plastmassa va boshqalar) tanlanadi. Har bir to'qnashuvda neytron energiyasining katta qismini yo'qotadi, yadro massasi neytron massasiga yaqinroq bo'ladi.

Neytron nurlanishidan himoya qilishda, yutish jarayoni issiqlik, sekin va rezonansli neytronlar uchun samarali ekanligini hisobga olish kerak, shuning uchun tez neytronlarni avvaldan sekinlashtirish kerak. Elastik sochish paytida o'rtacha energiya yo'qotilishi yengil yadrolarda (masalan, vodorodda) maksimal va og'ir bo'lganlarda minimaldir. Notekis sochish paytida energiya yo'qotish ehtimoli og'ir yadrolar va neytron energiyasining ortishi bilan ortadi. Termal neytronlar qalqon orqali ular tarqalib ketguncha yoki undan tashqariga chiqquncha tarqaladi, shuning uchun eng samarali singdirgichlarni tanlash orqali termal neytronlarning tez so'rilishini ta'minlash muhimdir.

Termal neytronlar ushlangandan so'ng, deyarli har doim gamma nurlanishi yuzaga keladi, bu zichlash kerak. Shunday qilib, neytron himoyasi elastik tarqalish paytida tez va oraliq neytronlarning sekinlashishi uchun vodorod yoki boshqa yengil moddalarni, katta atom massasiga ega og'ir elementlarni, zararsiz tarqalish va tortishish jarayonida tez neytronlarning sekinlashishini, gamma nurlanishidan tushadigan yuqori elementlarni o'z ichiga olishi kerak. Termal neytronlarning samarali yutilish kesimi.

Gamma nurlaridan himoya qilish uchun yuqori zichlikdagi metallarning ekranlari (qo'rg'oshin, vismut, volfram), o'rta zichlik (zanglamaydigan po'lat, quyma temir, mis qotishmalari) va ba'zi qurilish materiallari (beton, barit beton va boshqalar) ishlatiladi.

Gamma nurlanishidan himoya qilishni hisoblashda universal jadvallar dozani pasayishi bilan himoya qilish qalinligini aniqlash uchun keng qo'llaniladi va ma'lum himoya qalinligi bilan nurlanishning pasayish chastotasini topish va himoya qilish orqasida ruxsat etilgan ish vaqtini yoki manba faoliyatining maqbul qiymatini aniqlash oson. Ushbu jadvallarda mavjud bo'lgan qo'shimcha himoya, turli xil materiallarning qatlam qalinligi talab qilinadigan to'plami, individual himoya materiallarining chiziqli yoki massa ekvivalentlari, turli qalinlikdagi materiallar oraliq'ida yarim pasayish qatlamlari va boshqalar aniqlanadi. Biroq, ushbu jadvallar faqat

gamma nurlanishining monoenergetik manbalari uchun javob beradi. Agar manba murakkab nurlanish spektriga ega bo'lsa, zarur pasayishni ta'minlaydigan himoya qalinligini hisoblash «raqobatdosh» chiziqlar usuli bilan amalga oshiriladi. Rentgen nurlanishidan himoya qilishda himoya qalqoni qalinligi nurlanish dozasining zarur darajasiga qarab belgilanadi.

Qo'rg'oshin, beton, qo'rg'oshin oynasi va boshqalar rentgen nurlanishidan himoya qilish uchun ishlatiladi.

Ba'zi hollarda, bajarilgan ishning tabiati, turg'un himoyadan foydalanish qiyin bo'lsa, ko'chma himoya ekranlari, ekranlar va shaxsiy himoya vositalaridan (himoya apron, mittens, qalqon va boshqalar) foydalanish orqali himoya qilish mumkin.

Yumshoq rentgen nurlanishini keltirib chiqaradigan yuqori voltli elektron qurilmalarni yoki butun o'rnatishni himoya qilish ushbu qurilmalarni metall korpuslarga, shkaflarga yoki bloklarga joylashtirish orqali ta'minlanadi.

Radiatsiyadan tibbiy foydalanish barcha sun'iy manbalardan olingan nurlanish dozasining 98 foizini tashkil qiladi; bu aholiga ta'sirining 20 foizini tashkil etadi. Har yili dunyoda diagnostik maqsadlar uchun 3,600 million rentgenologik tekshiruvlar, yadro materiallaridan foydalangan holda 37 million protsedura va radioterapiya uchun 7,5 million terapevtik protsedura o'tkaziladi.

Ionlashtiruvchi nurlanishning sog'liq uchun ta'siri

To'qimalarga yoki organlarga radiatsiyaviy ziyon qabul qilingan nurlanish dozasiga yoki so'rilgan dozaga bog'liq bo'lib, u kulrang bilan ifodalanadi. Ionlashtiruvchi nurlanishni uning zarar yetkazishi mumkinligi nuqtai nazaridan o'lchash uchun samarali dozadan foydalaniladi. Zivert (Zv) — bu nurlanish turi va to'qima va organlarning sezgirligini hisobga oladigan samarali dozali birlik. Bu zararli bo'lishi mumkinligi nuqtai nazaridan ionlashtiruvchi nurlanishni o'lchashga imkon beradi. Zv nurlanish turini, a'zolar va to'qimalarning sezgirligini hisobga oladi.

Zv juda katta birlikdir, shuning uchun millisievert (mSv) yoki microsievert (mZv) kabi kichik birliklardan foydalanish yanada amaliydir. Radiatsiya miqdoridan tashqari (doz), ko'pincha

dozani mkv/s yoki mZv/yil kabi chiqarilishini ko'rsatib berish foydalidir.

Nurlanish nurlanish to'qimalar yoki organlarning ishlashiga xalaqit berishi va terining qizarishi, soch to'kilishi, radiatsiya kuyishi yoki o'tkir nurlanish sindromi kabi o'tkir reaksiyalarni keltirib chiqarishi mumkin. Ushbu reaksiyalar yuqori dozalarda va yuqori dozalarda yuqori bo'ladi. Masalan, o'tkir nurlanish sindromi uchun eng kam doz 1 Zv (1000 mZv)ni tashkil qiladi.

Agar doza kam bo'lsa yoki uzoq vaqt davomida ishlasa (past doz tezligi), natijada yuzaga keladigan xavf sezilarli darajada kamayadi, chunki bu holda shikastlangan to'qimalarni tiklash ehtimoli oshadi. Biroq yillar davomida va hatto o'nlab yillar davomida yuzaga kelishi mumkin bo'lgan saraton kabi uzoq muddatli oqibatlar xavfi mavjud. Ushbu turdagi ta'sirlar har doim ham sodir bo'lmaydi, ammo ularning ehtimolligi dozaga mutanosibdir. Bu xavf bolalar va o'spirinlarda katta, chunki ular kattalarga qaraganda nurlanish ta'siriga nisbatan ancha sezgir.

Atom bombasi portlashidan omon qolgan odamlar yoki radioterapiya kasallari kabi ta'sirlangan populyatsiyalarda o'tkazilgan epidemiologik tadqiqotlar 100 mSv dan oshiq dozalarda saraton kasalligi ehtimolining sezilarli darajada oshganligini ko'rsatdi. Ba'zi hollarda, bolalik davrida tibbiy maqsadlarda (bolalarda KT) bo'lgan odamlarda o'tkazilgan epidemiologik tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, hatto past dozalarda ham (50–100 mSv oralig'ida) saraton kasalligi ehtimolligi oshishi mumkin. Ionlashtiruvchi nurlanishgacha prenatal ta'sir homilaning miyasiga shikast yetkazishi mumkin, bu kuchli dozasi homiladorlikning 8 va 15 haftalari oralig'ida 100 mZv dan va homiladorlikning 16 va 25 hafta kunlari 200 mZv dan oshadi. Inson tadqiqotlari shuni ko'rsatdiki, homiladorlikning 8 haftasidan oldin yoki 25 haftadan keyin homilalik miya rivojlanishi uchun radiatsiya bilan bog'liq xavf yo'q. Epidemiologik tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, nurlanishdan keyin homilada saraton paydo bo'lishi xavfi erta bolalik davrida nurlanish ta'siridan keyingi xavfga o'xshaydi.

Ionlashtiruvchi nurlanish energiyasi elektron-Volt (eV) o'lchov birligida ifodalanadi.

Ionlashtiruvchi nurlanish energiyasi elektron-Volt (eV) o'lchov birligida ifodalanadi. Ya'ni, 1 eV – bu plastinkalari oralig'ida 1 V potentsiallar farqi (kuchlanish) hosil qiluvchi elektr maydonida harakatlanuvchi bitta elektronning energiya qiymatini ifodalaydi (1 eV = 1,602×10⁻¹⁹J; 1 J = 6,24×10¹⁸ eV).

Radiobiologiyada 1 kiloelektron-Volt (keV) = 1000 eV, 1 megaelektron-Volt (MeV) = 1000 keV o'lchovlaridan foydalaniladi.

Radiatsion nurlanishning chiziqli tavsifda uzatilishi tushunchasi 1954-yilda R. Sirkle tomonidan kiritilgan bo'lib, o'lchov birligi sifatida 1 keV/mkv qabul qilingan. Zaryadlangan zarrachaning modda tarkibidagi bosib o'tgan yo'li (ionizatsiyalash yo'li) – *trek* deb nomlanadi.

Ionlashtiruvchi nurlanish energiyasining chiziqli tavsifda uzatilishi (LET – linear energy transfer) – nurlanishning moddaga ta'sir ko'rsatishi davomida (*trek*) ionizatsiya hisobiga energiyaning yo'qotilishini ifodalovchi, radiatsion nurlanishning sifat jihatidan fizik tavsifi hisoblanadi:

$$L = \Delta E / \Delta l \text{ (eV/nm)}.$$

Bu yerda: ΔE – moddaga ta'sir ko'rsatuvchi radiatsion nurlanish energiyasining qiymati; Δl – zaryadlangan zarrachalarning bosib o'tgan yo'lini ifodalaydi.

Dozimetriya – ionlashtiruvchi nurlanishni o'lchash usullari va qurilmalarini, radioaktiv nurlanishning biologik organizmga ta'sir darajasini miqdoriy ko'rsatkichlar asosida tavsiflash haqidagi nazariy va amaliy bilimlar majmuasi hisoblanadi.

1901-yilda A. Bekkerel va Mariya Sklodovskaya-Kyuri, Pier Kyuri tomonidan radiatsion nurlanishning teriga kuydiruvchi ta'sir ko'rsatishi qayd qilingan va rentgen nurlanishining biologik ta'sirini ifodalash uchun dastlabki – *HED (Haut Yerithem dosis – teri eritmasini yuzaga keltiruvchi doza)* o'lchov birligi fanga kiritilgan va **radiatsion dozimetriya** yo'nalishiga asos solingan.

Nurlanish dozasi (D_n) – bu nurlanish vaqti davomida modda og'irlik birligiga (m) nisbatan yutilgan radioaktiv nurlanish energiyasi (W_n) bilan tavsiflanuvchi kattalik (yutilgan doza) hisoblanadi:

$$D_n = \frac{W_n}{m}$$

Nurlanish dozasi *joul/kg*, shuningdek, *Grey (Gr)* yoki *Rad (Rad – Radiation absorbed dose)* o'lchov birligida o'lchanadi (1 rad = 10⁻²Gr).

Demak, **nurlanish dozasi yoki yutilgan doza (D)** – berilgan hajmda modda og'irlik miqdoriga (Δm) bo'lib chiqilgan, ma'lum bir aniq elementar hajmda moddani nurlantirish uchun berilgan o'rtacha energiya qiymatini (W_n yoki ΔE) ifodalaydi:

$$D = \Delta E / \Delta m$$

Xalqaro o'lchov birliklari tizimida yutilgan doza qiymati o'lchov birligi *Grey (Gr)* hisoblanadi:

$$1 \text{ Gr} = 1 \text{ J/kg}.$$

Shuningdek, yutilgan dozani o'lchashda Xalqaro o'lchov birliklari tizimidan tashqari o'lchov birligi sifatida **Rad** ishlatiladi:

$$1 \text{ Rad} = 0,01 \text{ Gr}.$$

Ekspozitsion doza (X) – bu nurlanish yutuvchi biologik obyekt yaqinida joylashgan havo muhitining 1 kg quruq massasiga nisbatan hosil bo'lgan ion zaryadlari miqdoriga teng qiymat hisoblanadi:

$$X = \frac{q}{m_{\text{havo}}}$$

Ekspozitsion dozaning o'lchov birligi *Kulon/kilogramm (kl/kg)* yoki *Rentgen (R)* bilan ifodalanadi (1 R = 2,58×10⁻⁴Kl/kg). Ekspozitsion doza *dozimetr* asbobi yordamida o'lchanadi va olingan natijalar bo'yicha, biologik obyekt tomonidan yutilgan nurlanish dozasi hisoblanadi:

$$D_n = f \cdot X.$$

Bu yerda: f – radioaktiv nurlanishni yutuvchi biologik to'qima turiga bog'liq koeffitsiyent bo'lib, yumshoq to'qimalar uchun

~1 ga teng hisoblanadi. Ushbu formuladan faqat, har ikkala nurlanish dozasi qiymatlari *rad* va *Rentgen* birliklarida o'lchangan holatda foydalanish mumkin.

Demak, *ekspozitsion doza* (X) – ma'lum bir nurlantirish vaqti davomida obyektning yordamchi nurlanish energiyasi miqdorini ifodalaydi:

$$X = \Delta a / \Delta m.$$

Bu yerda: Δa – kichik hajmdagi havo muhitida foton ta'sirida yuzaga kelgan barcha ikkilamchi elektronlar tormozlanishi natijasida hosil bo'lgan bir xil ishorali ionlarning to'liq zaryadi;

Δm – berilgan hajmdagi havoning og'irlik qiymatini ifodaydi.

Ekspozitsion doza qiymati Xalqaro o'lchov birliklari tizimida *Kl/kg* da ifodalanadi, shuningdek, Xalqaro o'lchov birliklari tizimidan tashqari o'lchov birligi sifatida *Rentgen* (R) ishlatiladi:

$$1 \text{ Rentgen} = 2,58 \times 10^{-4} \text{ Kl/kg}$$

Turli xil radioaktiv nurlanishning biologik ta'sirini tavsiflash uchun, **biologik (ekvivalent) doza** (H) tushunchasi kiritilgan.

Biologik (ekvivalent) doza (H) quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$H = k \cdot D_{yutilish}$$

Bu yerda: k -radioaktiv nurlanish turiga bog'liq bo'lgan, **sifat koeffitsiyenti** bo'lib, γ -nurlanish va rentgen nurlanish uchun 1 ga teng, α -zarrachalar uchun ~20 ga teng hisoblanadi.

Ekvivalent doza – nurlanish sifatini hisobga olgan holda, biologik organ yoki to'qimada yutilgan dozaning o'rtacha qiymatini ifodalaydi, Ya'ni nurlanishning biologik ta'sir effektini belgilab beradi.

Bunda **nurlanishning sifat omili** yoki **sifat koeffitsiyenti** berilgan nurlanish to'rining γ -nurlanishga nisbatan solishtirilganda, xavflilik darajasini ifodalaydi, Ya'ni bu koeffitsiyent qiymati qanchalik katta bo'lsa, qarab chiqilayotgan nurlanish turi biologik ta'siriga ko'ra shunchalik yuqori darajada xavfli hisoblanadi.

- Fotonlar (γ -nurlanish va rentgen nurlanishida) – 1;
- 10–100 *keV* qiymatdagi neytronlar uchun – 10;
- 100 *keV*–2 *MeV* qiymatdagi neytronlar uchun – 20;
- 5–10 *Mev* qiymatdagi protonlar uchun – 10.

Xalqaro o'lchov birliklari tizimida ekvivalent doza qiymati o'lchov birligi *Zivert* (Zv) hisoblanadi. Shuningdek, ekvivalent dozani o'lchashda Xalqaro o'lchov birliklari tizimidan tashqari o'lchov birligi sifatida *Ber* (B) ishlatiladi:

$$1 \text{ Ber} = 0,01 \text{ Zv}.$$

Hozirgi vaqtda ishlab chiqariluvchi barcha turdagi dozimetrlar Zv o'lchov birligi shkalasi bo'yicha belgilanadi. *Zivert* (Zv) o'lchov birligi Shvetsiyalik fizik olim **Rolf Zivert** sharafiga qabul qilingan.

Radioaktiv nurlanishdan tashqari, biologik obyektning qancha vaqt davomida nurlanish ta'sirida bo'lganligi ham muhim ko'rsatkich hisoblanadi. Shu sababli, nurlanish dozasining nurlanish vaqtiga nisbatini ifodalovchi **doza quvvati** tushunchasi kiritilgan.

Mos ravishda, yutilish dozasi, ekspozitsion doza va biologik doza quvvati quyidagi tenglamalar orqali ifodalanadi:

$$P_{yutilish} = \frac{D_{yutilish}}{t};$$

$$P_{ekspozitsion} = \frac{D_{ekspozitsion}}{t};$$

$$P_{biologik} = \frac{D_{biologik}}{t}.$$

Havfsiz doza quvvati (*radioaktiv fon*) odam organizmi uchun ~12–14 *mkR/soat* (*mikro Rentgen/soat*) ga teng bo'lib, 30–50 *mkR/soat* nurlanish yetarlicha vaqt davomida ta'sir ko'rsatishi organizmda patologik holatlar rivojlanishiga olib keladi. Shuningdek, o'linga olib keluvchi, bir martalik radiatsion nurlanish dozasi ~500 *R* ga teng hisoblanadi.

Amaliyotda radiatsion nurlanish doza qiymatini o'lchashda, asosan, xalqaro birliklar o'lchov tizimida qabul qilingan birlikdan

foydalaniladi, shuningdek, Xalqaro birliklardan tashqari o'lchov tizimidan foydalanish ham kuzatiladi. Shu sababli, ma'lum bir o'lchov birligini ikkinchisiga aylantirish zaruriyati yuzaga keladi. Bu masalani mavjud ma'lumotnomalar va bir qator o'lchov birliklarini konvertatsiyalash maqsadida yaratilgan internet saytlari yordamida hal qilish mumkin.

$$1 \text{ millirem} = 10 \text{ mikroZivert}$$

Radiobiologiya va radiobiofizika bo'yicha ayrim adabiyot ma'lumotlarida radiatsion nurlanish dozasi **Ber** o'lchov birligida keltiriladi. *Ber (biologicheskiy ekvivalent rentgena)* – bu ingliz tilida **Rem**, Ya'ni *roentgen equivalent man* atamasining rus tilidagi tarjimasining qisqartmasi bo'lib, ionlashtiruvchi nurlanishning Xalqaro birliklar tizimidan tashqari ekvivalent doza o'lchov birligi hisoblanadi.

1963-yilga qadar 1 *Ber* radiatsion nurlanish dozasi biologik organizmda 1 *Rentgen* qiymatga teng bo'lgan γ -nurlanish ekspozitsion dozasi ta'sirida yuzaga keladigan nurlanish holatini ifodalovchi o'lchov birligi sifatida qabul qilingan.

$$1 \text{ Zivert} = 100 \text{ Ber}$$

Odatda, ekvivalent nurlanish doza qiymati *milliBer (mBer, 10^{-3} Ber)* yoki *mikroZivert (mkZv, 10^{-6} Zv)* o'lchovlarida o'lchanadi.

$$1 \text{ mBer} = 10 \text{ mkZv}$$

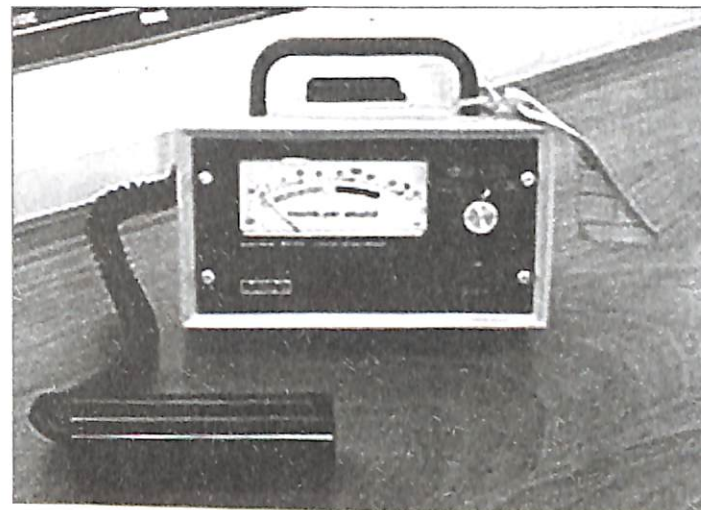
Odatda, radiatsion nurlanish ko'rsatkichlari qiymati maxsus sezgir moslamalar – **detektorlar** yordamida aniqlanadi.

Radiatsion nurlanishni qayd qilish detektori (indikator) – bu modda bilan bevosita ta'sirlashishi davomida ionlashtiruvchi nurlanishning mavjudligini aniqlash imkonini beruvchi obyekt hisoblanadi.

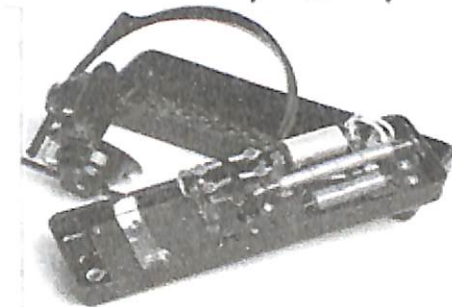
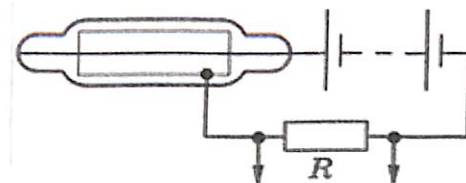
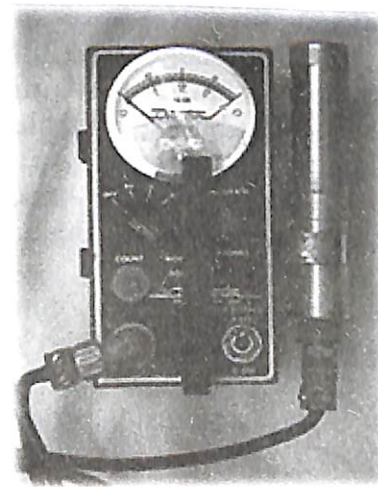
Detektorning asosiy tavsiflari – **samaradorlik** (ionlashtiruvchi zarrachaning detektorga tushishi holatida uni aniqlash ehtimolligi darajasi), **vaqtga bog'liq ruxsat etilish qiymati** (aniqlash vaqti), **qayta tiklanish vaqti** (yana qaytadan foydalanish uchun yaroqli holatga kelish vaqti) kabilardan tashkil topadi.

Geyger hisoblagichi

Gaz zaryadli Geyger hisoblagichi (Geyger kamerasi), Cherenkov hisoblagichi, «Vilson kamerasi», «Pufakchali kamera» ionizatsion detektorlar guruhi tarkibiga kiritiladi.



Geyger hisoblagichi



Pufakchali kamera

Gaz razyadli hisoblagich qurilma — **Geyger hisoblagichi** (Geiger sensor) 1908-yilda **Gans Geyger** tomonidan ishlab chiqilgan va 1929-yilda **Valter Myuller** tomonidan takomillashtirilgan, shu sababli, **Geyger-Myuller hisoblagichi** deb nomlanadi. Bunda hisoblagich elektrodlariga 300–400...1500–2000 V gacha yuqori kuchlanish beriladi. Ionlashtiruvchi nurlanish zarrachalari gaz orqali o'tgan holatda hosil bo'lgan erkin elektronlar anodga tomon harakatlanadi va natijada ikkilamchi ionizatsiya jarayoni yuzaga keladi. Qo'zg'algan holatdagi atomlar statsionar holatga qaytishda esa fotonlar ajralib chiqadi.

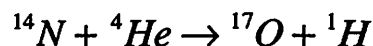
Gaz zaryadli Geyger hisoblagichi ~100–200 mm simob ustuni bosimida gaz bilan to'ldirilgan shisha quvurdan tashkil topgan bo'lib, ingichka o'tkazgich ko'rinishidagi anod va quvur devoriga o'rnatilgan silindr shaklidagi katodga ega bo'lib, bir necha 100 V kuchlanish beriladi. Zaryadlangan zarrachalar quvurga tushgan holatda gaz ionlanishi yuzaga keladi va hosil bo'lgan erkin elektronlar anodga tomon yo'nalishda harakatlanadi, natijada gaz muhitining ikkilamchi ionizatsiyasi yuzaga keladi, o'z navbatida elektr impulsi hosil bo'lishi qayd qilinadi.

Cherenkov hisoblagichi. Vavilov-Cherenkov hisoblagich qurilmasi 1951-yilda ishlab chiqilgan bo'lib, γ -nurlanish, α -nurlanish yoki β -nurlanishni qayd qilishda foydalaniladi.

Vilson kamerasi. Vilson kamerasi nam holatdagi havo bilan to'ldirilgan bo'lib, harakatlanuvchi porshen moslamasi yordamida bosim qiymati o'zgartiriladi. Porshen tezlik bilan harakatlantirilishi natijasida nam holatdagi havo muhitida to'yinish holati yuzaga keladi va kamera orqali o'tuvchi zaryadlangan zarrachalar havoni ionizatsiya holatiga keltiradi, hosil bo'lgan ionlar bug' shaklida kondensatlanadi.

Kamera yon tomonidan yorug'lik nuri tushirilganda harakatlanuvchi zaryadli zarrachalarning nurlanuvchi izi (*trek*) ko'zga tashlanadi.

1919-yilda **E. Rezerford** tomonidan Vilson kamerasida birinchi yadro reaksiyasi amalga oshirilgan.



«**Vilson kamerasi**»ning ishlash prinsipi. Agar suv bug'ining parsial bosim qiymati uning ushbu haroratda to'yinish bosimi qiymatidan yuqori bo'lsa, u holda tuman hosil bo'ladi. Me'yorida ortiq to'yinish ko'rsatkichi — S — bu parsial bosim qiymatining berilgan haroratda to'yinish bosimi qiymatiga nisbatini ifodalaydi. Agar havo tarkibida begona zarrachalar mavjud bo'lmasa, u holda $S \sim 10$ qiymatda bug' kondensatsiyalanishi qayd qilinadi. Agar havo tarkibida begona zarrachalar mavjud bo'lsa, u holda bug' kondensatsiyalanishi sharoitida S kichikroq qiymatda bo'lishi qayd qilinadi.

Radiatsion nurlanish oqimi tarkibidagi zarrachalar muhit tarkibidagi gaz molekularini ionizatsiyalash xossasiga ega hisoblanadi. Bu zarrachalar «**Vilson kamerasi**»dan o'tishi davomida tuman tarkibida suv molekularini itarishi va suv tomchilaridan iborat iz qoldirishi kuzatiladi.

1923-yilda **P.L. Kapitsa** tomonidan «**Vilson kamerasi**»ni magnit maydoniga joylashtirish natijasida kamera orqali o'tuvchi zaryadlangan zarrachalarning magnit ta'sirida og'ish burchagini aniqlash va zarrachalarning energiyasi qiymatini hisoblash usuli ishlab chiqilgan.

Gomogen tavsifga ega magnit maydonni kuch chiziqlariga nisbatan perpendikulyar yo'nalishda kesib o'tuvchi zaryadlangan zarrachaga *Lorens kuchi* ta'sir ko'rsatadi:

$$F_B = qvB$$

Zaryadlangan zarrachaning harakatlanish tezligi va magnit maydon induksiyasi yo'nalishi o'rtasidagi burchak 90° ga teng hisoblanadi. Bunda Lorens kuchi zarracha harakatlanish tezligiga perpendikulyar yo'nalgan bo'lib, shu sababli zarrachaning kinetik energiyasiga ta'sir ko'rsatmaydi. Agar aylana bo'ylab trayektoriyada zaryadlangan zarrachaning harakatlanish yo'nalishi o'zgarsa, bu holat Nyuton 2-qonuni bo'yicha quyidagi formulaga amal qiladi:

$$\frac{mv^2}{R} = qvB$$

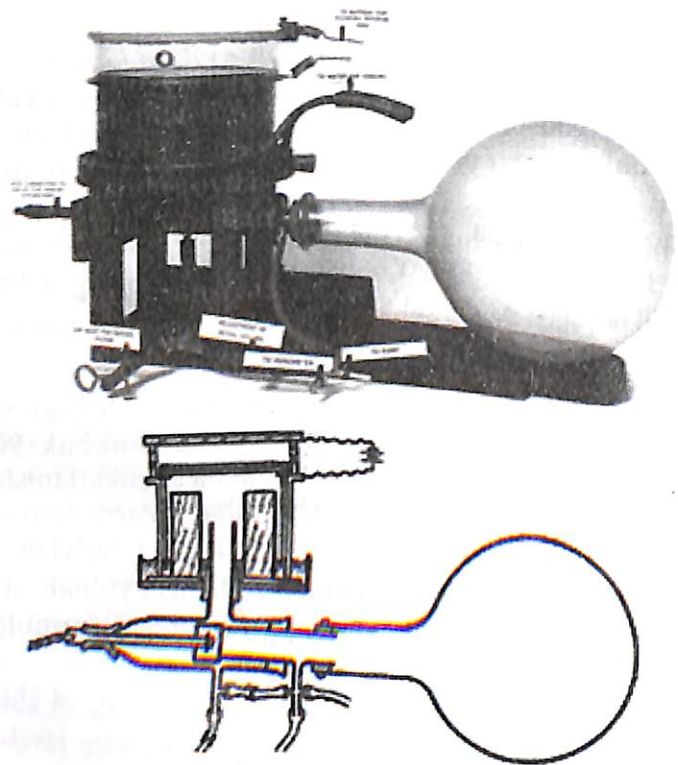
Bu yerda: R — aylana radiusini ifodalaydi:

$$R = \frac{m}{qB} v$$

Zaryadlangan zarrachaning ushbu aylana bo'ylab, bir marta aylanib chiqish vaqti:

$$T = \frac{2R\pi}{v} = \frac{2m\pi}{qB}$$

Ya'ni, bu qiymat zarrachaning tezligi qiymatiga bog'liq emas. Dastlabki «*Vilson kamerasi*» 19.02.1911-yilda ishlab chiqilgan bo'lib, balandligi 3,5 sm va diametr o'lchami 16,5 sm ga teng bo'lgan shisha silindrdan tashkil topgan.



Pufakchali kamera

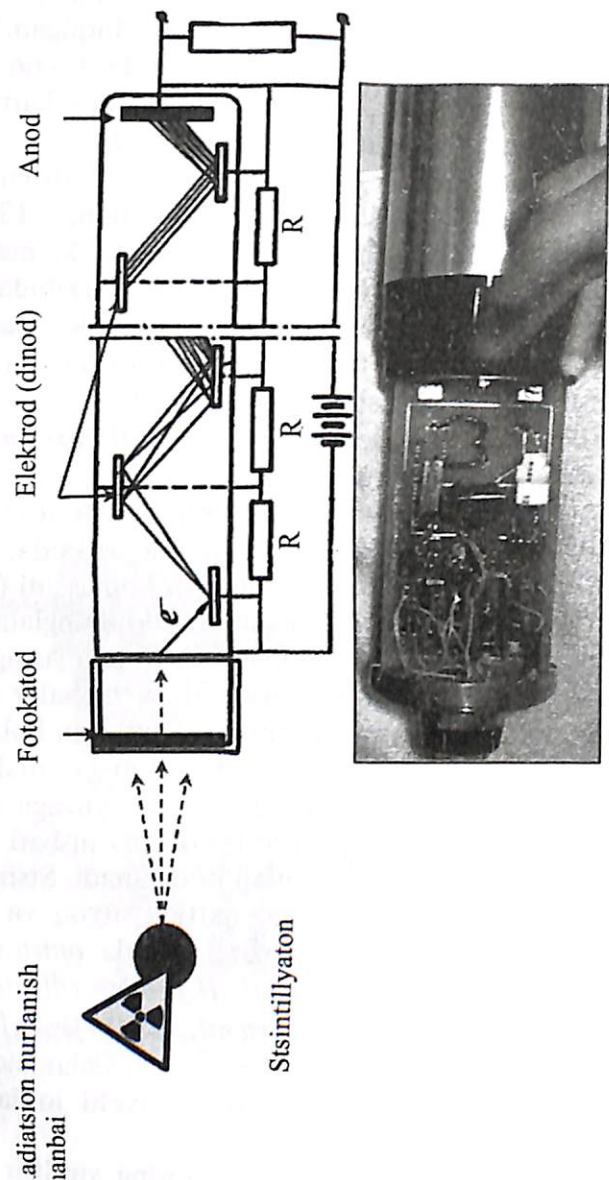
Pufakchali kamera. Luis Uolter Alvares tomonidan *pufakchali kamera* takomillashtirilgan va kamerada Yuqori tezlikda harakatlanuvchi zarrachalar trayektoriyasini tahlil qilishda kompyuter dasturidan foydalanish uslubi ishlab chiqilgan. Takomillashtirilgan *pufakchali kamera* ichki qismida suyuq holatdagi vodorod yoki deyeriydan (kriogen pufakchali kamera) yoki propan, freon, ksenon kabilardan foydalaniladi.

Tajribalarda D.A. Glaser dietil eferning (normalsharoitda qaynash harorati qiymati) 20 atm. bosim sharoitida, +130°C gacha qizdirilishida qaynamasligi va +140°C haroratda ma'lum vaqt o'tganidan keyin qaynashini aniqlagan. Muhit tarkibida radiatsion nurlanish zaryadlangan zarrachalari o'tishi davomida, zaryadlangan zarrachaning harakatlanish trayektoriyasi bo'ylab, qaynash (gaz pufakchalarining hosil bo'lishi) qayd qilinadi.

Radioaktiv nurlanish detektorlari **stsintillyatsion** va **yarim o'tkazgichli detektorlar** guruhlariga ajratiladi.

Stsintillyatsion detektorlar (*stsintillyator*) – bu ionlashtiruvchi nurlanish ta'sirida ~800–6000 Å spektr diapazonida, qisqa vaqt ($\tau = 10^{-7} - 10^{-9}$ sekund) davomida chaqnash hodisasini (lotin tilida *scintillatio* – *mitsillash*, *chaqnash* degan ma'noni anglatadi) yuzaga keltiruvchi kimyoviy moddalar hisoblanadi. Bunda yuzaga keluvchi **flyuorestsentsiya** hodisasi ionlashtiruvchi zarrachalar oqimining modda tomonidan yutilishi va atomning qo'zg'algan holatga o'tishi natijasida γ -fotonlar oqimi hosil bo'lishi hisobiga amalga oshadi. Bunda yorug'lik chaqnashi energiyasi va uni yuzaga keltiruvchi ionlashtiruvchi zarracha energiyasining o'zaro nisbati – **stsintillyator samaradorligi** ko'rsatkichi bilan ifodalanadi. Stsintillyatsion detektorlar fizik xossalariga ko'ra, qattiq, suyuq va gazsimon holatda bo'lishi qayd qilinadi. Hozirgi vaqtda *antratsen*, *transstilben* (1,2-difenil-etilen), *naftalin* ($C_{10}H_8$), *tolan* (difenilatsetilen), *fluoren*, *antratsen* ($C_{14}H_{10}$), *R-terfenil*, *NaI(Tl)*, *KI(Tl)*, *CsI*, *NaCl(AgCl)*, *ZnS(Ag)*, kabi stsintillyatorlardan foydalaniladi. Stsintillyatorlar to'rini tanlash bevosita aniqlanuvchi ionlashtiruvchi nurlanish turiga bog'liq hisoblanadi.

Jumladan, ionlashtiruvchi zarrachalarning yutilish energiyasi qanchalik yuqori qiymatga ega bo'lsa, mos ravishda **stsintillyator**



samaradorligi ko'rsatkichi ham yuqori qiymatga ega bo'lishi kuzatiladi. Masalan, stsintillyator sifatida *NaI* kristalidan foydalanilgan holatda, *stsintillyator samaradorligi* ko'rsatkichi qiymati 20–40%ni tashkil qiladi.

Stsintillyator va fotokuchaytirgich qurilma **stsintillyatsion dat-chik** yoki stsintillyatsion hisoblagich deb nomlanadi.

Stsintillyatsion hisoblagich qurilmasining tuzilishi. *R* – elektr zanjir tarkibidagi qarshiliklarni ifodalaydi.

Dastlabki, stsintillyatsion detektor 1947-yilda ishlab chiqarilgan bo'lib, hozirgi vaqtda laboratoriya va tabiiy sharoitda γ -nurlanish spektrini o'lchashda *NaI(Tl)* asosida ishlab chiqarilgan, stsintillyatsion detektor moslamasiga ega bo'lgan, MKS-AT6101, MKS-AT6101V, LudLum 3-98 rusumidagi ixcham, ko'p funktsiyali stsintillyatsion γ -spektrometrlardan foydalaniladi. Bu qurilmalar atrof-muhit monitoringi, radioaktiv chiqindilarni saqlash omborlari, atom energetikasi, tibbiyot sohasida, shuningdek, ilmiy-eksperimental tadqiqotlarda γ -nurlanish energiyasining taqsimlanish qiymati, ekvivalent doza qiymatini aniqlash imkonini beradi.

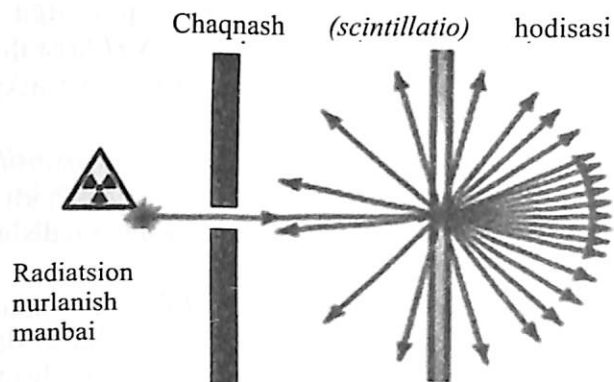
Shuningdek, α -zarrachalar energiya qiymatini aniqlashda kremniyli stsintillyatsion detektor moslamasidan foydalaniladi.

Fotokuchaytirgich – bu fotosezgir katod va kuchaytirish tizimidan tashkil topgan qurilma hisoblanadi. Bunda nurlanish kvanti fotokatodga ta'sir ko'rsatishi natijasida ajralib chiqqan elektronlar oqimi bir nechta ketma-ketlikda joylashtirilgan kuchaytiruvchi elektrod tizimi (*dinod*) bo'ylab harakatlanadi va elektronlarning ikkilamchi emissiyasi mexanizmi asosida kuchaytirilgan holda fotokuchaytirgich anod qismiga to'lqinsimon tarzda ta'sir ko'rsatishi qayd qilinadi.

Fotokuchaytirgichning **to'liq kuchaytirish koeffitsiyenti** qiymati quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$M = \Theta (\delta)^n$$

Bu yerda: Θ – dinodlar tomonidan ikkilamchi elektronlarning yig'ib olinishini tavsiflovchi koeffitsiyent; n – dinodlarning kuchaytirish son qiymati; δ – dinodning kuchaytirish koeffitsiyenti qiymatini ifodalaydi.



Chaqnash effekti

Shuningdek, fotokuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsiyenti dinodlarda qayd qilinuvchi tezlashtiruvchi kuchlanish (U) qiymatiga bog'liq hisoblanadi. Odatda, $U \approx 600-1500 V$ ga teng hisoblanadi.

Stsintillyatsion hisoblagich qurilmalari har qanday turdagi ionlashtiruvchi nurlanishni aniqlashda, ayniqsa γ -nurlanish va α -zarrachalar spektrini o'lchashda keng foydalaniladi.

$\sim 5500-30000 eV$ energiya qiymati diapazonida, XANES (*X-ray absorption near edge structure*, $0-50 eV$) va EXAFS (*Extended X-ray absorption fine structure*, $50-1000 eV$) spektrda rentgen

nurlanishi energiya qiymatini o'lchashda «RIGAKU R-XAS» rusumidagi rentgen spektrometr qurilmasidan foydalaniladi.

Bu rentgen spektrometr qurilmasi 3 ta blokdan (sovitish bloki, quvvat manbai va o'lchash bloki) tashkil topgan bo'lib, quvvat manbai $10-40 kV$ kuchlanishli rentgen trubkasi bilan jihozlangan.

Odatda, kristall holatdagi stsintillyatorlar talliy (Tl), kumush (Ag) elementi yordamida faollashtiriladi. Suyuq holatdagi stsintillyatorlar samaradorlik ko'rsatkichining qiymati 90%gacha bo'lishi qayd qilinadi.

Ayrim adabiyot manbalarida stsintillyatorlar — fosforlar yoki lyuminozorlar deb ham nomlanadi.

«PPZAB-01-COLO» radiometrik kompleksi odam organizmi teri qoplamida, kiyimlarda, qurilmalar ustki qismida α - va β -nurlanish qiymatini o'lchashga mo'ljallangan bo'lib, u kremniyli stsintillyatsion detektor bilan jihozlangan.

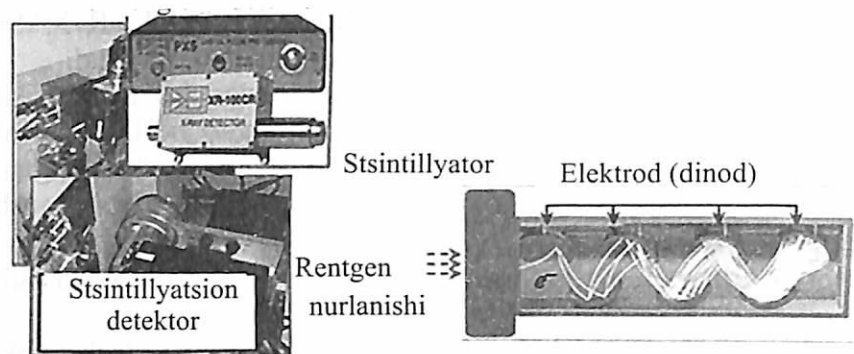
«PKC-01-COLO» alfa-beta-gamma radiometr-dozimetr qurilma kompleksi — α -, β -va γ -nurlanish qiymatini o'lchashga mo'ljallangan.

Hozirgi vaqtda $LaBr_3(Ce)$ kristali asosida ishlab chiqarilgan, IPROL-1 modelidagi stsintillyatsion detektor bloki bilan jihozlangan «InSpector-1000» spektrometri (AQSH) keng qo'llanilishi qayd qilinadi.

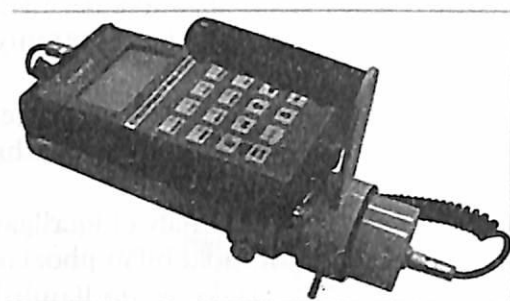
NaI asosida ishlab chiqilgan stsintillyatsion detektorli «Progress» spektrometr qurilmasi (Rossiya) radioaktiv namuna tarkibida $^{131}_{53}I$, $^{134}_{55}Cs$ va $^{137}_{55}Cs$ izotoplari spektrini aniqlash imkonini beradi.

Dozimetr va radiometrlar. Hozirgi vaqtda radiatsion nurlanish qiymatini o'lchash uchun qulay va ixcham qurilmalar va asboblarning yangi avlodi ishlab chiqarilgan bo'lib, quyida ulardan ayrimlarini keltiramiz:

V. Elin tomonidan (Rossiya) yarim o'tkazgichli detektor yordamida radiatsiya nurlanishi qiymatini o'lchash moslamasi ishlab chiqilgan bo'lib, ushbu moslama (DO-RA, *dozimetr-radiometr*) maxsus dasturiy ta'minotga ega va uyali telefon aloqa vositasining sxemasiga o'rnatilishi yoki tashqi ulanuvchi moslama

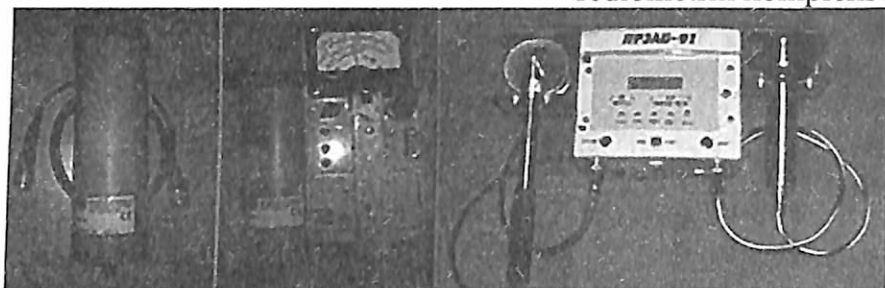


Radiometrik kompleks



MKS-AT6101 spektrometri

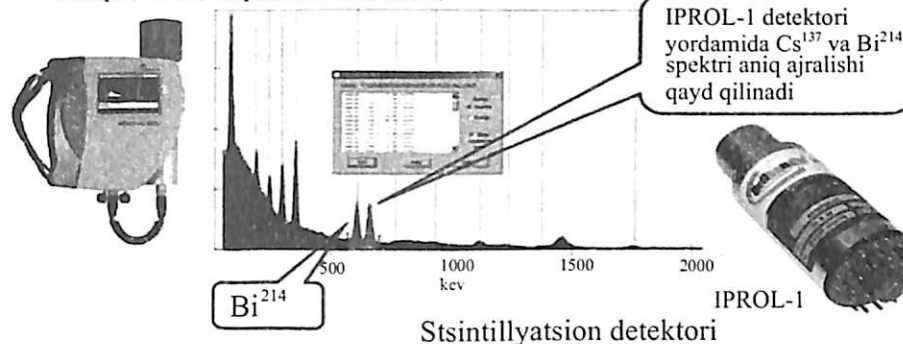
44-17 (AQSH)



LudLum 3-98 stintillyatsion

Spektrometr va dozimetrlar

«Inspector-1000»spektrometri (AQSH)



Stintillyatsion detektor

1. MKS-05 Terra-II dozimetr-radiometr asbobi



2. DKG RM 1604V individual dozimetri



3. DKG RM 1604V individual dozimetri



Bi²¹⁴

stintillyatsion detektor

Individual dozimetrlar

sifatida foydalanilishi mumkin, shuningdek, USB-port orqali iPone, iPad, iPod touch yoki Android smartfonlariga ulangan holda foydalanilishi mumkin. DO-RA tizimi odam organizmida soat, sutka, hafta oy yoki yil davomida olingan radiatsiya nurlanishi qiymatini aniqlaydi. Shuningdek, qo'l soatiga o'rnatilgan, γ -nurlanishni o'lchashga mo'ljallangan, DKG-RM1603A dozimetri (Rossiya) ishlab chiqarilgan.

FLUKE firmasi (AQSH) tomonidan individual foydalanish maqsadida ishlab chiqarilgan – Arrow Tech 138 (06-007) PEN 200 mR dozimetri rentgenodiagnostika tibbiyot muassasalarida va radioaktiv izotoplar ustida tadqiqotlar olib boriluvchi ilmiy labora-

toriyalarda keng diapazonda (rentgen va γ -nurlanish) radiatsiya qiymatini o'lchashga mo'ljallangan.

Shuningdek, hozirgi vaqtda individual foydalanishga mo'ljallangan, ixcham o'lchamga ega bo'lgan quyidagi rusumdagi dozimetrlar ishlab chiqariladi:

- MKS-05 Terra-P dozimetr-radiometr;
- iPhone® telefonlar uchun ROLISMART® II SIG-PM1904

signalizator-indikator

- RADEKS RD1503+ radioaktivlik indikator
- SIGRM1208M signalizator-indikator
- DKG RM1610V individual dozimetri
- DKG-RM1604V individual dozimetri
- ISP-RM1703MA o'lchov signalizatori

FLUKE firmasi (AQSH) tomonidan individual foydalanish maqsadida ishlab chiqarilgan – Arrow Tech 138 (06-007) PEN 200 mR dozimetri rentgenodiagnostika tibbiyot muassasalarida va radioaktiv izotoplar ustida tadqiqotlar olib boriluvchi ilmiy laboratoriyalarda keng diapazonda (rentgen va γ -nurlanish) radiatsiya qiymatini o'lchashga mo'ljallangan.

Nazorat uchun savollar:

1. Radiobiologiya fanining predmeti nima?
2. Radiobiologiya fanining tadqiqot obyekti nima?
3. Radiobiologiya fanining maqsad va vazifasini tushuntiring.
4. Radiobiologiya va radiobiofizika fanining rivojlanish tarixi nechta bosqichga ajratiladi?
5. α -nurlanish, β -nurlanish va γ -nurlanish qanday kashf qilingan?
6. Element yadrosining atom modelini tavsiflab bering.
7. Radiobiofizika fani rivojlanishiga dunyo miqyosida va Rossiyada qaysi olimlar katta hissa qo'shishgan?
8. Ionlashtiruvchi nurlanish turlari va uning xossalari tavsiflang.
9. Dozimetr va radiometrlar turlari haqida nimalarni bilasiz

Test savollari:

1. Gaz razyadli hisoblagich qurilma va uning ishlab chiqarilgan yili berilgan javobni ko'rsating.

- A. Geyger hisoblagichi, 1908-yil.
- B. Vilson kamerasi, 1908-yil.

C. Geyger-Myuller hisoblagichi, 1919-yil.

D. Stsintillyatsion detektorlar, 1919-yil.

2. Geyger-Myuller hisoblagichi elektrodlariga qancha ko'rsatgichda (V) kuchlanish beriladi.

A. 300–400...1500–2000 V gacha yuqori.

B. 300–400...1500–3000 V gacha yuqori.

C. 300–500...1500–3000 V gacha yuqori.

D. 300–600...1500–2500 V gacha yuqori.

3. Radioaktiv nurlanishni qayd etadigan qaysi qurilma ~ 100 – 200 mm simob ustuni bosimida gaz bilan to'ldirilgan shisha quvurdan tashkil topgan. Yaratgan olim va berilgan javoblarni juftlang.

4. Gaz zaryadli Geyger hisoblagichi, 2. Vilson kamerasi, 3. Pufakchali kamera, 4. Cherenkov hisoblagichi. a) Vavilov-Cherenkov, b) Charlz Tomson Riz VILSON, s) D.A. Glayzer, d) Gans Geyger va Valter Myuller

A. 1-d, 2-b, 3-s, 4-a.

B. 1-a, 2-b, 3-s, 4-d.

C. 1-d, 2-s, 3-b, 4-a.

D. 1-d, 2-a, 3-s, 4-b.

5. Ekspozitsion dozaga (X) to'g'ri ta'rif berilgan javobni belgilang.

A. Ekspozitsion doza – bu nurlanish yutiluvchi biologik obyekt yaqinida joylashgan havo muhitining 1 kg quruq massasiga nisbatan hosil bo'lgan ion zaryadlari miqdoriga teng qiymat.

B. Ekspozitsion doza – bu nurlanish yutiluvchi radioizotopning miqdoriga bog'liq havo muhitining 1 kg quruq massasiga nisbatan hosil bo'lgan ion zaryadlari miqdoriga teng qiymat.

C. Ekspozitsion doza – bu nurlanish yutiluvchi radioizotopning havo muhitining 1 kg quruq massasiga nisbatan hosil bo'lgan zarralarning miqdoriga teng qiymat.

D. Ekspozitsion doza – nurlanish sifat omilini hisobga olgan holda, biologik organ yoki to'qimada yutilgan dozaning o'rtacha qiymatini ifodalaydi, ya'ni nurlanishning biologik ta'sir effektini belgilab beradi.

6. Xalqaro o'lchov birliklari tizimida ekvivalent doza qiymati o'lchov birligi berilgan javobni belgilang.

A. Zivert.

B. Ber.

C. Rentgen.

D. Nurlanish miqdori.

Mavzu: Ionlashtiruvchi radiatsiyaning ta'sir mexanizmi. Organizmlarning radiatsion nurlanish ta'siriga chidamlilik darajasi. Organizm, organ va to'qimalarning radiosezgirliigi.

Kritik organlar.

Radiatsion alomatlar: ilik-miya, oshqozon-ichak, serebral.

Ionlantiruvchi nurlarning yaxlit organizmga ta'siri.

O'tkir va surunkali nur xastaliklari. Radiatsion zararlanishdan keyin organizmda kechadigan tiklanish jarayonlari

Reja:

1. Radiatsion nurlanishning biologik ta'siri. Nisbiy biologik ta'sir effekti. Biologik organizmlarning radiatsion nurlanish ta'siriga chidamlilik darajasi.
2. Chegaraviy darajada sezgirikka ega organlar. Hujayralarning radiatsion nurlanish ta'sirini sezgirlikini baholash.
3. Radiatsion nurlanishning odam organizmiga umumiy ta'siri. Nurlanish kasalligi. O'tkir va surunkali nur xastaliklari.
4. Radiatsion zararlanishdan keyin organizmda kechadigan tiklanish jarayonlari.

Tayanch so'zlar: radiobiologiya, radiatsiya, ionlovchi nurlar, ionizatsiya, radioaktiv parchalanish aktivlik, doza; ekspozitsion, yuza, chuqurlik, nisbiy, integral.

Radiatsion nurlanishning odam organizmiga salbiy ta'siri bo'yicha dastlabki ma'lumot sifatida, ehtimol, XVI asrda **T. Paratsels** va **G. Agrikol** tomonidan foydali qazilma konlari ishchilari o'pkasida g'ayritabiiy kasallik uchrashi qayd qilinishi sanasini ko'rsatib o'tish o'rinli hisoblanishi mumkin.

1897-yilda **Udin**, **Bertelli** va **Dare** tomonidan rentgen nurlanishi ta'sirida terining 48 ta qismida kuyish holatlari qayd qilingan.

1902-yilda esa – **Gudman** tomonidan odam organizmida rentgen nurlanishi ta'sirida yuzaga kelgan 172 ta kuyish holatlari haqida ma'lumotlar to'plangan. 1902-yilda **G. Friben** tomonidan **V.K. Rentgen** kashf qilgan *X-nurlanish* ta'sirida odam organizmida teri saratoni kasalligi rivojlanishi qayd qilingan. 1914-yilda **M. Feygin** tomonidan rentgen nurlanishi ta'sirida yuzaga kelgan

114 ta o'sma (*saraton*) kasalligi haqida ma'lumotlar umumlash-tirilgan. Shuningdek, Germaniyada **G.Valxov** va **G. Gizel** tomoni-dan $^{226}_{88}\text{Ra}$ izotopining odam organizmida teriga salbiy ta'sir ko'rsatishi o'rganilgan.

Keyinchalik **I.R. Tarxanov**, **V.I. Zarubin**, **E.S. London**, **M.N. Jukovskiy**, **S.V. Goldberg**, **A.I. Pospelov** tomonidan amalga oshirilgan eksperimental tadqiqotlarda radiatsion nurlanishning biologik obyektlar, jumladan, odam organizmiga jiddiy salbiy ta'sir ko'rsatishi tasdiqlangan.

1896-yilda Rossiyada **Ivan Romanovich Tarxanov** rentgen nurlanishining hasharotlar va baqa organizmiga ta'sirini o'rganish bo'yicha tajribalarni amalga oshirgan.

1925-yilda **Ansel** va **Vintenberger** tomonidan biologik orga-nizmlarga radiatsion nurlanishning ta'siri – *birlamchi radiatsion zararlanish, zararlanish darajasini kuchaytiruvchi omillar, qayta tiklanishni ta'minlovchi omillar* qayd qilingan.

Radiatsion nurlanishning biologik obyektlarga birlamchi ta'sir mexanizmlari **B.N. Tarusov** tomonidan batafsil holatda o'rganil-gan. Jumladan, radiatsion nurlanish biologik organizmlarda zanjir tavsifidagi, ya'ni vaqt davomida asta-sekin, ketma-ketlikda yuzaga keluvchi javob reaksiyalarini shakllantirishi qayd qilingan. 1950-yillarda **B.N. Tarusov** tomonidan lipidlarning peroksidli oksidlanishi radiatsion nurlanish ta'sirini kuchaytirishi aniqlangan.

Shuningdek, radiatsion nurlanishning biologik obyektlarga ta'sir mexanizmini eksperimental usulda o'rganish bo'yicha **N.N. Semyonov**, **N.M. Emmanuel**, **E.B. Burlakova** kabi olimlar ilmiy tadqiqotlar olib borishgan.

Umumiy holatda, radiatsion nurlanishning biologik obyektga ta'siri – **determinatsion** va **stoxastik ta'sir** turlariga ajratiladi.

Determinatsion ta'sir – bu og'irlik darajasi radiatsion nurla-nish dozasi qiymatiga bog'liq holatda belgilanuvchi, shuningdek pog'ona darajasiga ega bo'lgan tavsifda yuzaga keluvchi va nurlanish kasalligi, dermatit, katarakta, bepustlik kabi patologik holatlar yuzaga kelishi bilan ifodalanadi.

Stoxastik ta'sir — radiatsion nurlanish dozasi pog'ona qiymatiga ega bo'lmagan tavsifda, nurlanishdan keyin ma'lum vaqt davomida rivojlanuvchi o'sma kasalliklari, leykoz va irsiy kasalliklar yuzaga kelishi bilan ifodalanadi.

Radiatsion nurlanishning stoxastik ta'siri: *A.* Leykemiya (qon saratoni); *B.* Oshqozon limfomasi (saratoni); *V.* Melanoma (teri saratoni). Shuningdek, radiatsion nurlanishning biologik ta'siri oqibatlariga ko'ra, quyidagi 3 ta guruhga ajratiladi:

- **O'tkir zararlanish.** Yuqori dozada radiatsion nurlanish ta'sirida qayd qilinadi. Jumladan, odam organizmida $\sim 0,5-1$ Zv ($50-100$ Ber) radiatsion nurlanish ta'sirida qon tizimida jiddiy buzilishlar yuzaga keladi. Shuningdek, $\sim 3-5$ Zv ($300-500$ Ber) radiatsion nurlanish olgan holatda, suyak iligi funksiyasi buzilishi va qon tarkibida leykotsitlar miqdori keskin kamayishi sharoitida, nurlanish olgan 50% odam o'tkir nur kasalligi oqibatida olamdan o'tishi kuzatiladi. $10-50$ Zv ($100-5000$ Ber) radiatsion nurlanish ta'sirida, 1-2 haftadan keyin oshqozon-ichak tizimi shilliq qavatida hujayralarning nobud bo'lishi natijasida, qon ketishi oqibatida olamdan o'tish holati qayd qilinadi. 100 Zv ($10\ 000$ Ber) radiatsion nurlanish ta'sirida markaziy asab tizimi funksiyasi izdan chiqishi oqibatida odam bir necha soat yoki bir necha kundan keyin olamdan o'tishi kuzatiladi. Shuningdek, rivojlanayotgan va voyaga yetgan odam organizmida bir xil radiatsiya dozasi turli xil ta'sirga ega bo'lishi aniqlangan. Jumladan, o'sayotgan organizmda bo'linish jarayoni jadal amalga oshayotgan hujayralar radiatsion nurlanish ta'sirida nisbatan tez nobud bo'ladi.

- **Davomiylilikda (vaqt o'tishi bilan, asta-sekin) yuzaga keluvchi nurlanish oqibatlari.** Tajriba hayvonlari ustida amalga oshirilgan tadqiqotlar va shuningdek, Xirosima va Nagasaki (Yaponiya) shaharlarida atom bombasi portlatilishi oqibatlarini tahlil qilish asosida, radiatsion nurlanish nafaqat odam organizmida nurlanish kasalligi shaklida namoyon bo'lishi, balki vaqt o'tishi bilan, *asta-sekin davomiylilikda yuzaga keluvchi oqibatlar* ko'rinishida ham ifodalanishi kuzatiladi. Radiatsion nurlanish ta'sirida biologik organizm hujayralarida yuzaga keluvchi buzilishlar qaytmas tavsifga ega bo'lib, turli xil kasalliklar, jumladan, o'sma kasalliklari kelib

chiqishiga sabab bo'ladi. Masalan, radiatsion nurlanish ta'sirida yuzaga kelgan leykoz oqibatida olamdan o'tish muddati o'rtacha 10-yilni tashkil qiladi. Radiatsion nurlanish ta'sirida o'sma kasalliklarining kelib chiqish ehtimolligi darajasi radiatsiya dozasi bog'liq hisoblanadi. Masalan, 1 Zv (100 Ber) radiatsion nurlanish ta'siriga uchragan har 2 tadan bitta odam organizmida leykoz, 10 tadan bitta odamda qalqonsimon bez o'sma kasalligi, 10 tadan bitta ayolda ko'krak bezi saratoni, shuningdek, har 1000 tadan 5. ta odamda o'pka saratoni kasalligi yuzaga kelishi aniqlangan. Yuqorida keltirilgan ma'lumotlar asosida, qayd qilish mumkinki, voyaga yetgan odam organizmida $0,01$ Zv (1 Ber) radiatsion nurlanish ta'sirida o'sma (*saratoni*) kasalligi kelib chiqish ehtimolligi $2 \times 10^{-4} \dots 3 \times 10^{-4}$ ga teng hisoblanadi.

- **Radiatsion nurlanishning genetik oqibatlari.** Amalga oshirilgan tadqiqotlar natijasida, surunkali tavsifda 1 Zv (100 Ber) radiatsion nurlanish ta'sirida odam organizmi avlodlari davomida (~ 30 -yil davomida) har 1000 ta tug'ilgan chaqaloqdan 2 tasi jiddiy genetik nuqson bilan dunyoga kelishi aniqlangan. Agar radiatsion nurlanish ta'siri doimiy ravishda, surunkali tarzda qayd qilinsa, u holda genetik mutatsiyalarga uchrash ehtimolligi darajasi ham ortadi.

- **Nisbiy biologik ta'sir effekti** — nurlanish dozasi bilan solishtirish ta'sir effekti qiymatini standart nurlanish dozasi bilan solishtirish asosida olingan qiymat hisoblanadi. Bunda standart nurlanish dozasi sifatida γ -nurlanishdan foydalaniladi:

$$\text{Nisbiy biologik ta'sir effekti} = D_{\gamma} / D_x$$

Biologik organizmlar radiatsion nurlanish ta'siriga chidamlilik xususiyati bo'yicha o'zaro farqlanadi. Masalan, radiatsion nurlanish ta'sirida 30 sutka davomida nurlantirilgan hayvonlarning 50% qismi nobud bo'lishi isbotlangan. Radiatsiya qiymati dengiz cho'chqasi uchun — 250 Rentgen, it uchun — 335 Rentgen, maymun uchun — 600 Rentgen, sichqonlar uchun — $550-650$ Rentgen, ilon uchun — $8000-20000$ Rentgen ga teng hisoblanadi. Shuningdek, ayrim achitqi turlari $30\ 000$ Rentgen, amyoba — 100000 Rentgen, infuzoriya — 300000 Rentgen radiatsion nurlanish ta'sirida

nobud bo'lishi aniqlangan. O'simlik turlari orasida karam o'simligi urug'lari unuvchanligiga 64000 *Rentgen* nurlanish salbiy ta'sir ko'rsatmasligi qayd qilingan...

Radiatsion nurlanish ta'siriga sezgirlik (radiosezgirlik) – bu hujayra, to'qima va biologik organizmning ionlashtiruvchi nurlanish ta'siriga ko'rsatuvchi javob reaksiyasining namoyon bo'lish darajasi hisoblanadi. Radiosezgirlik o'lchov birligi sifatida **nurlanish dozasi (Gr)** qiymatidan foydalaniladi.

Radiosezgirlik xossasi **biologik turlarda** va organizmlarda **yakka tartibda** o'zaro farqlanadi.

Turli xil biologik turlarning radiosezgirlik xossasini o'zaro solishtirishda LD_{50} qiymatidan foydalaniladi. LD_{50} – radiatsion nurlanish ta'sirida organizmlarning 50% qismi nobud bo'lishi qayd qilingan.

3-jadval

Ayrim biologik turlarning LD_{50} – nurlanish ta'siri sharoitida qiymati

Biologik tur	LD_{50} (Gr)
Micrococcus radyodurens	>2000
O'simlik turlari	10–1500
Hasharot turlari	10–100
Ilon turlari	80–200
Baliq turlari	8–20
Qush turlari	8–20
Sichqon liniyalari	6–15
Kalamush liniyalari	7–9
Quyon	9–10
It	2,5–3
Qo'y	1,5–2,5
Maymun	2,5–6
Odam	2,5–4

2002-yilda amalga oshirilgan tadqiqotlar davomida Chernobil atom halokati yuz bergan hududdan yig'ib olingan mikroskopik zambrug'lar tarkibida yuqori samaradorlikka ega bo'lgan antioksidant borligi aniqlangan.

Organ va to'qimalarning radiosezgirlik xossasini o'rganish davomida 1906-yilda **J. Bergone** va **L. Tribonodo** tomonidan quyidagi qonuniyat aniqlangan:

❖ **Bergone-Tribondo prinsipi:**

Hujayralar qanchalik darajada tez bo'linsa, mitoz sikli davomiyligi qanchalik uzoq vaqtni o'z ichiga olsa, shuningdek, hujayralar qanchalik darajada kamroq differentsiyalangan bo'lsa, radiatsion nurlanish ta'siriga shunchalik darajada yuqori sezgirlik xossasini namoyon qiladi (radiatsion sezgirlik qonuni).

Kam bo'linuvchi va yuqori darajada differentsiyalangan hujayralar radiatsion nurlanish ta'siriga nisbatan chidamli bo'ladi. Bergone-Tribondo prinsipi bo'yicha, qon hosil qiluvchi suyak iligi hujayralari, urug'don hujayralari, ichak va teri epiteliy qavati hujayralari radiatsion nurlanish ta'siriga yuqori darajada sezgirlik xossasiga ega hisoblanadi.

Shuningdek, miya hujayralari, muskul, jigar buyrak, suyak, tog'ay va pay bog'lamlari hujayralari radiatsion nurlanish ta'siriga nisbatan chidamli hisoblanadi.

Qayd qilib o'tish kerakki, limfotsitlar bo'linish xususiyatiga ega bo'lmasa-da yetarlicha darajada differentsiyalangan bo'lsa-da, biroq radiatsion nurlanish ta'siriga yuqori darajada sezgirlik xossasini namoyon qiladi.

Shuningdek, organizmning radiatsion nurlanish ta'siriga sezgirlik xossasi uning tarkibida to'qimalarning turli xil radionuklidlarga nisbatan javob reaksiyasi ko'rsatish xususiyati bo'yicha o'zaro farqlanishi bilan ham tavsiflanadi.

Jumladan, $^{90}_{38}\text{Sr}$, $^{226}_{88}\text{Ra}$, $^{239}_{94}\text{Pu}$, $^{241}_{95}\text{Am}$, $^{238}_{92}\text{U}$ radioaktiv izotoplari asosan suyak iligi hujayralarida to'planishi aniqlangan.

Odam organizmida radionuklidlar – qalqonsimon bez, jigar, ichak, buyrak, skelet, muskullar tarkibida yuqori konsentratsiyada to'planishi aniqlangan

Ayrim organ va to'qimalarning radiatsion nurlanish ta'siriga sezgirlik darajasi

Organ yoki to'qima	Doza (Gr)
Teri	10
Urug'don	0,5-1
Tuxumdon	2,6-6
Ko'rish organlari	3-6
Ovqat hazm qilish tizimi organlari	1-3
Jigar	15-19
Yurak qon-tomir tizimi organlari	3-4
Nafas olish organlari	20
Muskullar	60-500...1000
Ayirish organlari	13

Radiatsion sindromlar

1. **Suyak iligi (qon hosil bo'lishi tizimi) radiatsion sindromi;**
2. **Oshqozon-ichak tizimi radiatsion sindromi;**
3. **Serebral (bosh miya) radiatsion sindromi.**

Masalan, 10 Gr atrofidagi radiatsion nurlanish ta'siri sharoitida organizmda **suyak iligi (qon hosil bo'lishi tizimi) radiatsion sindromi** yuzaga keladi. Bunda periferik qon tizimida qonning shaklli elementlari ishlab chiqarilishi susayishi, 4-20 sutka davomida suyak iligi hujayralarining halokatli tarzda, morfo-funksional jihatdan keskin izdan chiqishi qayd qilinadi.

Oshqozon-ichak tizimi radiatsion sindromi — radiatsion nurlanish ta'sirida sutemizuvchilarda oshqozon-ichak tizimida epiteliy hujayralari funksiyasining izdan chiqishi bilan boshlanadi, o'z navbatida hujayralarda apoptoz dasturi ishga tushadi, qon tomirlar funksiyasi buziladi, ichak tizimi epiteliy hujayralari membranasi orqali tuz eritmalari so'rilishining muvozanati keskin izdan chiqadi, infeksiyon zararlanish darajasi ortadi.

Serebral (bosh miya) radiatsion sindrom — yuqorida keltirilgan ikkita turdagi radiatsion sindromlardan keskin farq qiladi, chunki

bosh miya asab hujayralari yuqori darajada differentsiallashtirilgan hujayralar hisoblanadi. Serebral (*bosh miya*) radiatsion sindromi nisbatan yuqori qiymatdagi nurlanish dozasi ta'sirida yuzaga keladi, bu sindromning ko'pgina simptomlari o'rganilgan bo'lsada, molekulyar mexanizmlari batafsil holatda qayd qilinmagan.

Hayotchanlik egri chizig'i. 1965-yilda G. Pak va P. Markus tomonidan *HeLa* hujayralar kulturasida radiatsion nurlanish ta'sirida in vitro sharoitida hujayralarning hayotchanlik xususiyatini baholash uslubi ishlab chiqilgan. Petri chashkasida qattiq ozuqa muhitiga «*ekilgan*» hujayralar kulturasiga turli xil doza qiymatidagi radiatsion nurlanish bilan ishlov beriladi, keyin esa — ma'lum vaqt davomida hosil bo'lgan hujayralar koloniyasi asosida ularning *radiatsion nurlanish ta'siriga chidamliligi* yoki *hayotchanlik ko'rsatkichi qiymati baholanadi*.

1961-yilda J. Till va E. Mak-Kulox tomonidan in vivo sharoitida (tirik organizmda) radiatsion nurlanish ta'sirida hujayralarning hayotchanlik xususiyatini baholash uslubi ishlab chiqilgan. Bunda radiatsion nurlanish dozasi bilan ishlov berilgan sichqon vena qon tomiri orqali suyak iligi, jigar yoki taloq hujayralari inyeksiya qilinadi va ma'lum vaqt (1 hafta) o'tganidan keyin, sichqon organizmda tashqaridan kiritilgan hujayralarning hosil qilgan koloniyalari soni hisoblanadi va hujayralarning *proliferatsion* yoki *klonogen* xususiyati baholanadi.

Yuqorida keltirilgan usullar asosida olingan natijalar bo'yicha hujayralarning **hayotchanlik egri chizig'i** chiziladi.

Shuningdek, hozirgi vaqtda ishlab chiqilgan *in vitro* sharoitida hujayra va to'qimalar kulturalarni o'stirish usullari har qanday mikroorganizm yoki ko'p hujayrali organizmlar hujayralarining radiatsion nurlanish ta'siriga chidamlilik xususiyatini baholash imkonini beradi. Biologik organizmning nurlanish dozasidan nobud bo'lishi, ushbu hodisaning yuz berish ehtimolligi darajasi bilan belgilanadi va *Puasson tenglamasi* bilan ifodalanadi:

$$\frac{y}{y_0} = 1 - e^{-\alpha D} \left(1 + \alpha D + \frac{(\alpha D)^2}{2} + \dots + \frac{(\alpha D)^{n-1}}{(n-1)!} \right)$$

Bu yerda: α – radiatsion nurlanish dozasi ta'sirida yuzaga keluvchi ionizatsiya jarayoni biologik organizmning nobud bo'lishiga olib kelish ehtimolligi;

D – nurlanish dozasi; $\frac{y}{y_0}$ – nobud bo'lgan organizmlarning nurlanish olgan organizmlar umumiy soniga nisbatini ifodalaydi.

❖ Radiatsion nurlanishning odam organizmiga umumiy ta'siri

Shifokor-jarroh **S.B. Goldberg** (Rossiya) radiatsion nurlanishning biologik ta'sirini tavsiflash uchun 75 mg radiy bromid ($RaBr_2$) tuzini tanasining yelka sohasiga ~3 soat davomida bog'lab qo'ygan va radioaktiv modda olib tashlangandan keyin teri sohasida qizg'ish tusli dog' hosil bo'lganligi, 2 kundan keyin nekroz jarayoni boshlanganligi, 14 kundan keyin esa yiringli yara hosil bo'lishini qayd qilgan.

1902-yilda radiatsion nurlanish ta'sirida teri o'sma kasalligi kelib chiqishi aniqlangan, shuningdek, odam organizmida to'qima va organlarning nurlanish ta'sirida keskin o'zgarishi va o'linga olib kelishi mumkinligi qayd qilingan.

Radiatsion nurlanish ta'sirida odam organizmida – o'tkir va surunkali nurlanish kasalligi, katarakta, leykoz, anemiya, limfoma, miyeloma, qalqonsimon bez saratoni, nafas olish tizimi organlari o'sma kasalliklari, oshqozon-ichak saratoni, siydik pufagi saratoni, ko'krak bezi saratoni, tuxumdon va urug'don saratoni, teri saratoni, suyak saratoni, miya o'smasi va boshqa onkologik kasalliklar kelib chiqishi mumkin.

Shuningdek, radiatsiya ta'sirida ma'lum vaqt o'tganidan keyin yuzaga keluvchi patologik holatlar, jumladan, jinsiy tizim funksiyasi buzilishi, katarakta, genetik o'zgarishlar qayd qilinadi.

Radiatsion nurlanish ta'sirida odam organizmida quyidagi ta'sir effektlari yuzaga keladi:

I. Somatik ta'sir effekti:

- Nurlanish kasalligi;

Odam organizmiga radiatsion nurlanishning ta'sir

Yutilgan radiatsiya dozasi (Rad)	Ta'sir darajasi
O'linga olib keluvchi doza: 10 000 Rad (100 Gr)	Markaziy asab tizimi funksiyasi buzilishi oqibatida o'lim holati yuz beradi.
1000–5000 Rad (10–50 Gr)	Ichki organlarda(oshqozon-ichak tizimida) qon ketishi oqibatida, 1–2 haftadan keyin o'lim holati yuz beradi.
300–500 Rad (3–5 Gr)	Suyak iligi funksiyasi buzilishi oqibatida, nurlanish olgan 50% kishida 1–2 oydan keyin o'lim holati qayd qilinadi.
150–200 Rad (1,5–2 Gr)	Birlamchi nurlanish kasalligi belgilari yuzaga keladi.
100 Rad (1 Gr)	Bepushtlikka olib keladi.
25 Rad (0,25 Gr)	Favqulotda darajada xavfli doza.
10 Rad (0,1 Gr)	Gen darajasidagi mutatsiyalar.
Yiliga 2 Rad (0,02 Gr)	«A» toifasiga kiritiluvchi, ya'ni bevosita radiatsion nurlanish obyektlarida ishlovchi ishchi-xodimlar uchun chegaraviy ruxsat etilgan doza.
Yiliga 0,2 Rad (0,002 Gr) (200 milliRad)	«B» toifasiga kiritiluvchi, ya'ni ishlab chiqarish obyektlarida radiatsion nurlanish ta'siri ehtimolligi mavjud sharoitda ishlovchi ishchi-xodimlar uchun chegaraviy ruxsat etilgan doza.
Yiliga 0,1 Rad (0,001 Gr)	«B» toifasiga kiritiluvchi, ya'ni barcha aholi uchun chegaraviy ruxsat etilgan doza.
Yiliga (0,1–0,2 rad)	Yil davomida tabiiy (kosmik va tabiiy) radiatsion fon ta'siri.
Yiliga 3 Rad	Stomatologik rentgenografiya.
Yiliga 30 Rad	Oshqozon-ichak tizimi rentgenoskopiyasi.
1 mikro Rad	Kineskopli televizor ekranida bitta xokkey musobaqasini ko'rish davomida.
84 mikro Rad/soat	Samolyotda 8 km balandlikda uchish davomida.

- *Leykoz;*
- *O'sma kasalliklari.*

II. Genetik ta'sir effekti:

- *Gen mutatsiyalari;*
- *Xromosoma abberatsiyasi.*

Odam organizmi uchun qisqa muddat davomida ~400–500 *Ber* radiatsion nurlanish olish o'lim holatiga olib keladi.

Radiatsion nurlanish ta'sirida o'sma (*saraton*) kasalligi kelib chiqish ehtimolligi darajasi yuqori hisoblanadi (*6-jadval*).

Radiatsion nurlanishdan keyin o'sma kasalliklarining barcha shakllari ~50–60 yil davomida to'liq namoyon bo'lishi qayd qilinadi. Radiatsion nurlanishning ma'lum muddatidan keyin yuzaga keluvchi ta'siri odam organizmining deyarli barcha organlarida (ko'p hollarda suyak, qon, tuxumdon, oshqozon-ichak, qalqonsimon bezda) o'sma kasalliklari kelib chiqishi, genetik mutatsiyalar, turli xil kasalliklarga chalinishga moyillik darajasi ortishi (immunitet tizimi barqarorligi keskin susayishi), bepushtlik, muddatidan oldin qarish jarayoni tezlashishi, ruhiy-asab tizimi, aqliy rivojlanishning orqada qolishi kabi holatlar bilan ifodalanadi.

5-jadval

1945-yil Xirosima va Nagasaki shaharlariga atom bombasi tashlanganidan keyin o'sma kasalliklarining rivojlanish davri

[Edward, 1998]

O'sma kasalligi turlari	Radiatsion nurlanish olgandan keyin rivojlanish davri davomiyligi
Leykemiya(qon o'sma kasalligi)	5-yildan keyin
Qalqonsimon bez o'smasi	10-yildan keyin
Ko'krak bezi va o'pka saratoni	20-yildan keyin
Oshqozon, teri, ichak saratoni	30-yildan keyin

Shuningdek, radiatsiya nurlanishi ta'sirida odam organizmida oshqozon-ichak tizimi, markaziy asab tizimi, qon tizimi funksiyasida jiddiy buzilishlar kelib chiqadi.

Nurlanish kasalligi – odam organizmiga belgilangan, ruxsat etilgan me'yoriy dozadan yuqori radiatsion nurlanish ta'sir

ko'rsatishi natijasida yuzaga keluvchi, o'ziga xos kasallik belgilariga ega bo'lgan patologik holat hisoblanadi.

Umumiy holatda nurlanish kasalligi organizmda qon hosil qiluvchi organlar, asab tizimi, oshqozon-ichak tizimi funksiyasi izdan chiqishi bilan tavsiflanadi.

Radiatsion nurlanish dozasi bog'liq holatda **o'tkir nurlanish kasalligi** va **surunkali nurlanish kasalligi** o'zaro farqlanadi.

O'tkir nurlanish kasalligi – qisqa vaqt davomida 1 *Gr* (100 *Rad*) qiymatdan yuqori bo'lgan radiatsiya nurlanishi ta'sirida yuzaga keluvchi patologik holat hisoblanib, **radiatsion toksemiya** (radiotoksinlar va suv molekulasini radiolizi mahsulotlarining organizmga salbiy ta'siri), **sitostatik effekt** (o'zak hujayralarining bo'linish xossasi yo'qolishi), **radiatsion kapillyarit**, **funksional buzilishlar**, **skleroz**, **malignizatsiya** (radiatsiyaning onkomutagen ta'siri) rivojlanishi bilan tavsiflanadi.

O'tkir nur kasalligi nurlanish dozasi qiymatiga bog'liq holatda quyidagicha tasniflanadi: suyak iligi funksiyasi izdan chiqishi (1–6 *Gr*), o'tish shakli (6–10 *Gr*), ichak tizimi funksiyasi izdan chiqishi (10–20 *Gr*), toksemik shakl (20–80 *Gr*), serebral shakl (80–120 *Gr*). Shuningdek, 120 *Gr* dan yuqori radiatsiya nurlanishi ta'sirida o'tkir nurlanish kasalligi odam organizmida bevosita o'linga olib keladi.

Suyak iligi funksiyasi izdan chiqishi bilan bog'liq o'tkir nurlanish kasalligi shakli – **boshlang'ich davr** (birlamchi javob reaksiyasi), **yashirin davr**, **kuchayish davri** va **qayta tiklanish** yoki **tuzalish davri** bosqichlariga ajratiladi.

O'tkir nurlanish kasalligi boshlang'ich davrida *laringit*, *faringit*, *enterokolit*, *bronxit*, *kon'yunktivit* kasalliklari rivojlanadi.

Radiatsion nurlanish ta'siriga chegaraviy darajada ta'sirchan organlarda morfologik o'zgarishlar yuzaga keladi. Jumladan, qalqonsimon bez hujayralarida – $^{131}_{53}I$, miokard, buyrak va jigar

hujayralarida – $^{137}_{55}Cs$, suyak iligi hujayralarida – $^{90}_{38}Sr$, $^{239}_{94}Pu$ radioaktiv izotoplari to'planishi aniqlangan. O'tkir nurlanish kasalligi ta'sirida o'sma kasalligi kelib chiqish davri 10–25 yilni tashkil qiladi.



Nurlanish oqibatlari

Surunkali nurlanish kasalligi — uzoq vaqt davomida 1 Gr atrofidagi radiatsion nurlanish ta'sirida bo'lish natijasida kelib chiqadi.

Radiatsion zararlanishdan so'ng amalga oshadigan tiklanish (tiklanish davri yoki «biologik tiklanish»), nur xastaligi davridagi tiklanishdan farqli biologik tashkillanganlikning turli darajalarida jadallik bilan kechadi. Bunday tiklanishni, nurlantirish paytida ishlatilgan halokat dozalarini o'zaro taqqoslash orqali qayd etish mumkin. Postradiatsion tiklanishni miqdoriy baholashning eng qulay yo'li — bu organizm birinchi marta nurlantirilganidan so'ng, uni har xil vaqt intervali bilan qayta nurlantirish metodidir.

Tajribalar natijasida ma'lum bo'ldiki, ikki marta nurlantirilgandagi yig'indi doza, bir marta nurlantirilgandagi dozadan oshib

ketadi va bunday holda, navbatdagi nurlantirishlar orasidagi vaqt o'zgartirgan sari, talab etiladigan $LD_{50/30}$ ham oshib boradi.

O'tgan asr o'rtalarida, Bler o'z tadqiqotlari asosida, postradiatsion tiklanish eksponentsial qonunga binoan bir xil tezlikda amalga oshib, tiklanish zararlanishning qaytar ulushiga proporsional, qaytmas ulushi esa jamlangan umumiy doza kattaligiga proporsional, degan taxminni ilgari surdi.

«Sof zararlanish» effektiv dozasi quyidagi formulaga binoan hisoblab topiladi:

$$D_t = D[f + (1-f)e^{-\beta t}];$$

bu yerda f — zararlanishning qaytmas ulushi, $(1-f)$ — zararlanishning qaytar ulushi, β — bir sutkadagi tiklanish tezligi (%), t — sutkalarda ifodalangan vaqt, e — natural logarifm asosi.

Statistik analiz metodidan foydalanib, organizmning Yarim tiklanish davrini ham hisoblab topsa bo'ladi.

Yarim tiklanish davri, bu shunday bir vaqtiki, uning davomida zararlangan organizm 50% ga sog'ayadi.

Masalan, bu davr sichqonlarda 2–8 sutka, kalamushlarda 6–9, itlarda 14–18, odamlarda esa 25–45 sutkani tashkil etadi. Bu kattalik har bir tur uchun o'zgarimas kattalik hisoblanadi. Ta'kidlash lozimki, bu kattalik nurlanish dozasi bog'liq holda o'zgarishi mumkin. Nur ta'siriga yo'liqqan organizmda, bir vaqtning o'zida, organizmning turli darajalarida zararlanish va tiklanishdan iborat, qarama-qarshi jarayonlar avj oladi.

Postradiatsion tiklanishlar turli to'qimalarda turlicha tezlikda amalga oshib, faol bo'linuvchi to'qimalarda jadal kechadi, zararlanishlarning ba'zi bir ulushlari tiklanmaydi ham.

Suyak ko'migi o'zgarishlari. Bu o'zgarishlar nurning bevosita va bilfosita ta'siridan kelib chiqadi.

Immunitetning postradiatsion susayishi. Immun sistema organizmning kritik va nokritik sistemalari orasida joy olgan bo'lib, nur kasalligining potogenezida alohida o'ringa ega. Immunitetning postradiatsion o'zgarishlari infeksiyaga ta'sirchanlikning ortishi, organizmda, ichaklarda bakterial floraning

sifat va son ko'rsatkichlarining o'zgarishida namoyon bo'ladi. Nur kasalligida infeksiyon asoratlar antibakterial immunitetning pasayishi bilan birga to'qimalar barer xususiyatining pasayishi tufayli ro'y beradi.

Kechki postradiatsion asoratlar. Nur kasalligini boshdan o'tkazgan odamda va hayvonlarda uzoq muddatdan keyin qandaydir yangi o'zgarishlar kelib chiqishi mumkin, bu o'zgarishlar kechki asoratlar deb nom olgan.

XX asr oxirigacha yig'ilgan ma'lumotlar kichik dozalarining odam organizmi uchun zararli ekanini isbotlay olmadi. Aksincha, 0,1 Gr/yildan oshmagan dozadagi nurlanganlar orasida kasallanish ko'p emas, ularning o'rtacha umri ham o'rtacha ko'rsatkichlardan ~5 yil uzoq ekani aniqlangan.

Xavfli o'smalar kelib chiqishi. Ionlovchi nurlarning xavfli o'smalar keltirib chiqarishi rentgen nurlari kashf etilgandan 10–12 yil o'tgach ma'lum bo'ldi. Nur bilan ishlovchi vrachlar va tadqiqotchilar terisida nurli kuyishdan so'ng rak kelib chiqishi ma'lum bo'ldi. Bu hayvonlarda o'tkazilgan eksperimentlarda o'z isbotini topdi.

Nur ta'sirida o'smalar hamma to'qimalarda rivojlanishi mumkin. Nur kasalligi va ruxsat etilgan eng yuqori dozadan ortiq nurlanganlarda leykozlar rivojlanishi xavfi tug'iladi. Odamlarda nurlanish leykozlari kelib chiqishi haqidagi eng to'liq ma'lumotlar Yaponiyada atom portlashlarini boshdan kechirganlar haqidagi obzor va maqolalarda keltirilgan.

BMT komissiyasining ma'lumotlari bo'yicha Yaponiyada 1946–1960-yillar ichida leykozlar odamlar orasida deyarli 11 barovar ortgan. Kasallanganlar soni atom portlashining markaziga yaqinlashgan sari ortib boradi.

Xirosima shaxrida yadro portlagan markazdan 1 km gacha masofada turganlarda leykozlar bilan kasallanish har 100000 kishiga 137, 1,5–2 km masofada bo'lganlarda 4,2 ni tashkil etadi.

❖ Nur kasalligini davolash prinsiplari.

Nurlangan organizmda kritik sistemalarda yo'qotilgan hujayralarning o'rnini to'ldirish; infeksiyaning oldini olish va kuchsizlantirish; funksional va simptomatik terapiyadan iborat.

Nazorat uchun savollar

1. Radiatsion nurlanishning nisbiy biologik ta'sir effekti nima?
2. Biologik organizmlarning radiatsion nurlanish ta'siriga chidamlilik darajasini tushuntirib bering.
3. Hujayralarning radiatsion nurlanish ta'siriga sezgirligini baholash usullari qanday?
4. Radiatsion nurlanishning odam organizmiga umumiy ta'siri qanday ifodalanadi?
5. Nurlanish kasalligi qanday tasniflanadi?
6. Radiatsion sindromlarni tushuntirib bering.
7. Nur kasalligining yuzaga kelishi, klassifikatsiyasi.
8. O'tkir nur kasalligining birlamchi reaksiya davri.
9. O'tkir nur kasalligining latent davri.
10. O'tkir nur kasalligining rivojlangan davri.
11. O'tkir nur kasalligining dastlabki tiklanish davri.
12. Notekis nurlanishdan yuzaga keladigan o'tkir nur kasalligi.
13. Surunkali nur kasalligining asoratlari, rivojlanish mexanizmlari.
14. Nurlangan organizmda tiklanish jarayonlari.
15. Kechki postradiatsion asoratlar, o'smalar rivojlanishi.
16. Nur kasalligini davolash prinsiplari.

Test savollari

1. Qachon va kim tomonidan rentgen nurlanishi ta'sirida 48 ta terining kuyish holatlari qayd qilingan?
 - A. 1894-yilda Rezerford va Bor.
 - B. 1895-yilda Bekkerel.
 - C. 1896-yilda M. Kyuri.
 - D. 1897-yilda Udin, Bertelli va Dare.
2. Qachon va kim tomonidan V.K. Rentgen kashf qilgan X-nurlanish ta'sirida odam organizmida teri saratoni kasalligi rivojlanishi qayd qilingan?
 - A. 1898-yilda Udin.
 - B. 1901-yilda Bertelli.
 - C. 1902-yilda G. Friben.
 - D. 1904-yilda Dare.
3. Qachon va kim tomonidan rentgen nurlanishi ta'sirida yuzaga kelgan 114 ta o'sma (saraton) kasalligi haqida ma'lumotlar umumlashtirilgan?
 - A. 1915-yilda Udin.
 - B. 1914-yilda M. Feygin.
 - C. 1912-yilda G. Friben.
 - D. 1911-yilda Dare.

4. Qachon, qayerda va kim tomonidan rentgen nurlanishining hasharotlar va baqa organizmiga ta'sir mexanizmini o'rganish bo'yicha tajribalarni amalga oshirgan?

- A. 1896-yilda Rossiyada Ivan Romanovich Tarxanov.
- B. 1896-yilda Vena shahrida L. Freund.
- C. 1929-yilda Angliyada A. Kormak va G. Xaunsild tomonidan.
- D. 1908-yilda Vena shahrida L. Freund.

5. ${}^{90}_{38}\text{Sr}$, ${}^{226}_{88}\text{Ra}$, ${}^{239}_{94}\text{Pu}$, ${}^{241}_{95}\text{Am}$, ${}^{238}_{92}\text{U}$ radioaktiv izotoplar asosan qaysi organda to'planishi aniqlangan?

- A. Teri hujayralarida.
- B. Buyrak hujayralarida.
- C. Suyak iligi hujayralarida.
- D. Jigar hujayralarida.

Mavzu: Radioprotektorlar. Radioprotektorlarning tasniflanishi. Radioprotektorlarning ta'sir mexanizmi. Radioizotoplar va ularning tibbiyotda qo'llanilishi. Tibbiyot tadqiqotlarida va kasalliklarga tashxis qo'yishda radioizotoplardan foydalanish

Reja:

1. Radioprotektor. Radioprotektorlarning tasniflanishi. Radioprotektorlarning ta'sir mexanizmi.
2. Radioizotoplar va ularning tibbiyotda qo'llanilishi.
3. Tibbiyot tadqiqotlarida va kasalliklarga tashxis qo'yishda radioizotoplardan foydalanish.

Tayanch so'zlar: radioprotektor, mitigatorlar, terapevtik (davolovchi) moddalar, rentgenografiya, rentgen kristallografiya usuli, radioterapiya.

Hozirgi vaqtda dunyoning ko'pgina hududlarida yadro obyektlarida yuz bergan texnogen halokatlar oqibatida radioekologik vaziyat keskin izdan chiqishi qayd qilinadi. Bu holat samarali ta'sirga ega **radioprotektor** preparatlarni yaratish masalasining dolzarbligini belgilab beradi.

Radiatsion nurlanishning salbiy ta'siridan himoyalaniş va nurlanish kasalligiga qarshi ishlatiluvchi moddalar umumiy nom bilan radioprotektorlar deb nomlanadi. Radioprotektorlar sifatida amaliyotda tarkibida oltingugurt atomi mavjud bo'lgan preparatlar (*sistamin*), serotonin hosilalari (*meksamin*), glitserat efiri (*batilol*), kaliy yodid, enteralsorbentlar, kompleksonlar (*pentatsin*, *ferrot-sin*), farmakologik preparatlar (*leykogen*, *zimozan suspenziyasi*, *aktovegin*), turli xil surtma malhamlardan (*tezan*, *parmidin surtmasi*, *dieton surtmasi*) foydalaniladi.

Radioprotektor (lotin tilida radius — nur va protector — himoya qilmoq degan ma'noni anglatadi) — biologik organizmning ionlash-tiruvchi nurlanish ta'siriga chidamliligini oshiruvchi kimyoviy modda hisoblanadi. Bu yo'nalishdagi dastlabki muvafaqqiyatli sinov tajribalari 1949-yilda amalga oshirilgan. Radioprotektorlar hujayrada amalga oshuvchi fizik-kimyoviy jarayonlar, moddalar

almashinuvi faolligiga ta'sir ko'rsatish orqali radiatsion nurlanishning salbiy ta'sirini susaytiradi.

1945-yilda yuz bergan «Xirosima — Nagasaki fojiasi»dan keyin radio biofizika fan sohasi rivojlanishida yangi davr boshlangan. Ya'ni, radiatsion nurlanishning odam organizmiga ta'sir oqibatlarini aniqlangan, shuningdek, nurlanish kasalligiga qarshi davolash va profilaktika nuqtai nazaridan samarali vositalarni yaratish yo'nalishida ilmiy tadqiqotlar boshlangan.

1955-yilda Birlashgan Millatlar Tashkiloti (BMT) tomonidan *Atom radiatsiyasining odam organizmiga ta'sirini o'rganish bo'yicha qo'mita* tashkil qilingan.

Ionlashtiruvchi nurlanish ta'siri davomida yoki ushbu ta'sirdan keyin, odam organizmi daradiatsion zararlanishga qarshi ta'sir ko'rsatuvchi har qanday modda — **radioprotektor** (*Radioprotective agent*) sifatida qayd qilinishi mumkin. Umumiy holatda, radioprotektorlar 3 ta guruhga bo'linadi:

1. Profilaktik moddalar (*Prophylactic agents*);
2. Mitigatorlar (*Mitigators*);
3. Terapevtik (*davolovchi*) moddalar.

Profilaktik radioprotektorlar — radiatsion nurlanish ta'sir qilishi oldidan qo'llanilganda, ionlashtiruvchi nurlanishning organizmga salbiy ta'sirini susaytiruvchi moddalar hisoblanadi.

Mitigatorlar — radiatsion nurlanish ta'siri davomida yoki undan keyin, nurlanishning salbiy ta'sirini susaytirish maqsadida qo'llaniluvchi radioproteksion moddalar hisoblanadi. Mitigator moddalar radionuklidlarning biologik to'qima hujayralariga so'rilishini, yig'ilishini susaytiradi. Masalan, kaliy yodid (*KL*) qo'llanilganda

qalqonsimon bez hujayralarida radioaktiv $^{131}_{53}I$ izotopi yig'ilishi susayishi mumkin. Kaliy yodid (*KL*) tuzi qalqonsimon bezning yodga bo'lgan talabini qondiradi va o'z navbatida, radiatsion nurlanish fonida radionuklidlarning (jumladan, $^{131}_{53}I$) salbiy ta'sirini susaytiradi.

Terapevtik (*davolovchi*) moddalar — radiatsion nurlanish ta'sirida yuzaga keluvchi patologik holatlarni (*nurlanish sindromlari*)

bartaraf qilish, biologik to'qimalar hujayralari funksiyasini qayta tiklash maqsadida foydalaniluvchi radioprotektor moddalar hisoblanadi.

Odatda, radioprotektorlar kimyoviy tuzilishi va ta'sir mexanizmiga ko'ra, tasniflanadi. Kimyoviy tuzilishiga ko'ra, radioprotektorlar quyidagi turlarga tasniflanadi:

- Tarkibida oltingugurt atomi mavjud bo'lgan radioprotektorlar (*merkaptotetilamin, aminotiol*).
- Indolilalkil aminlar (*meksamin, serotonin*).
- Arilalkil aminlar (*tiramin, noradrenalin, dofamin, adrenalin*).
- Imidazol hosilalari.
- Boshqa radioprotektorlar (*atsetilxolin*).

V_1 , V_2 , VI_2 vitamin, gormonlar (*estradiol, estriol, androsteron, metilttestosteron, adrenokortiqotropgormon, adrenalin, noradrenalin*) tabiiy radioprotektorlar hisoblanadi.

Ta'sir mexanizmiga ko'ra, radioprotektorlar quyidagicha tasniflanadi:

- Gipoksik ta'sir ko'rsatuvchi radioprotektorlar (*serotonin, meksamin, feniltiazol, benzotiazol, ditiazin, imidazolin*);
- Gipoksik tavsifga ega bo'lmagan ta'sir ko'rsatuvchi radioprotektorlar (*sistamin, sistein, sistafos, gammafos*).

Foydalaniluvchi doza qiymatiga bog'liq holatda, radiatsion nurlanishdan himoyalash samaradorligiga ko'raradi oprotectorlar quyidagi guruhlarga tasniflanadi:

- **Mieloprotektorlar** — odatda, bir martalik radiatsion nurlanishda (1–10 Gr) samarali qo'llaniladi;
- **Enteroprotektorlar** — (*tiazol, triazol, tiadiazin, geterilalkan, prostaglandin*) 10–20 Gr diapazonda radiatsion nurlanishga qarshi qo'llanilib, organizm to'qima hujayralarida kislorod iste'moli qiymatini susaytiruvchi ta'sir ko'rsatadi.
- **Serebro protektorlar** — (*glutamatergiksinaps blokatorlari*) 80 Gr radiatsiya nurlanishi ta'siriga qarshi foydalaniladi.

Shuningdek, radioprotektorlar himoyaviy ta'sir vaqti davomiylikiga ko'ra quyidagi turlarga bo'linadi:

- **Qisqa vaqt davomida ta'sir ko'rsatuvchi radioprotektorlar** (*adrenalin, noradrenalin*);

• **Uzoq vaqt davomiyligida ta'sir ko'rsatuvchi radioprotektorlar.**

1942-yilda **V. Deyl** tomonidan ayrim kimyoviy moddalar (*radioprotektor*) hosil bo'luvchi erkin radikallarni bog'lab olishi hisobiga, radiatsion nurlanishning ferment tizimlari funksiyasiga buzuvchi ta'siri darajasini susaytirishi aniqlangan.

1960-yillarda **Z. Bak** va **P. Aleksander** tomonidan radioprotektorlarning hujayrani radiatsion nurlanish ta'siriga chidamli holatga o'tkazish («*biokimyoviy shok*») haqidagi gipotezasi, shuningdek, **E.F. Romansev** tomonidan «radioprotektorlarning majmuaviy biokimyoviy ta'sir mexanizmi» (1968), **E.Ya. Grayevskiy** tomonidan «sulfigidril ta'sir» (1969) kabi gipotezalar ilgari surilgan.

1970-yillarning oxirida **E.N. Goncharenko** va **Yu.B. Kudryashev** tomonidan «radiorezistentlikning endogenfoni» gipotezasi ilgari surilgan, ya'ni radioprotektorlar biologik to'qimalarda lipidlarning peroksidli oksidlanishini mahsulotlari hosil bo'lishini kamaytirishi, shuningdek, radiatsion nurlanishning salbiy ta'siriga qarshilik ko'rsatuvchi, antioksidant moddalar, tiolgu ruhiga ega moddalar, biogenaminlar konsentratsiyasi ortishi qayd qilinadi.

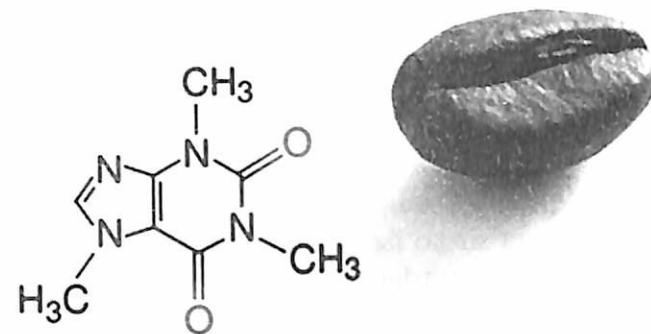
Radioprotektorlarning ta'sir mexanizmi radiatsion nurlanish davomida biokimyoviy jarayonlarga ta'sir ko'rsatish orqali ifodalanadi.

Natriy nitrat ($NaNO_3$) tuzi hujayralarning bo'linish jarayonini susaytiruvchi, shuningdek, metgemoglobin hosil qiluvchi radioproteksion ta'sir ko'rsatadi.

Umumiy holatda radioprotektorlarning ta'sir quyidagi holatlarda sosida tushuntiriladi:

- Erkin radikallarni o'ziga bog'lab oladi;
 - Mitoxondriyada oksidlanish-qay, tarilish potentsiali qiymatini o'zgartiradi;
 - Endogen *SH* – guruhlar konsentratsiyasini oshiradi;
 - Radiatsion nurlanish ta'siriga chidamlilik darajasini oshiradi.
- Masalan, serotonin, dofamin, gistamin kabi endogenaminlar konsentratsiyasi ortishi radiatsion nurlanish ta'siriga chidamlilik darajasini oshiradi;

- Kislород «*effekti*» mexanizmi faolligini susaytiradi;



• Ayrim radioprotektorlar DNK reperatsiyasi jarayonini kuchaytiradi;

• Hujayrada moddalar almashinuvi jarayoni faolligi susayishi hisobiga radiatsion nurlanish ta'siri susayadi.

Hozirgi vaqtda amaliyotda «Sistamin gidroxlorid», «Indralin B 190», «S-naftizin» radioprotektor preparatlaridan foydalaniladi.

Tadqiqotlarda statinlar (*statins*) radiatsion nurlanish sharoitida DNK reparatsiyasi jarayonini faollashtiruvchi ta'sir ko'rsatishi aniqlangan.

Amalga oshirilgan tadqiqotlarda *invitro* sharoitida kofe inradioprotektor sifatida ta'sir ko'rsatishi va γ -nurlanish sharoitida DNK makro molekularlar istrukturasida yuzaga keluvchi buzilishni sezilarli darajasi kamaytirishi qayd qilingan.

Shuningdek, amalga oshirilgan tadqiqotlarda biologik obyektlar tarkibida suv miqdori ortishi bilan radiatsion nurlanishning salbiy ta'siri susayishi qayd qilingan.

Ayrim tadqiqotlarda asalari (*Apis mellifera*) zaharining radioproteksion ta'siriga egaligi qayd qilingan.

Tibbiyot amaliyotida radioprotektor preparatlardan o'sma kasalliklarini radiatsion nurlanish yordamida davolash (onkoterapiya) jarayonida foydalaniladi. Ma'lumki, odam organizmi to'qima hujayralarining tabiiy funksional faolligi izdan chiqishi va organizm uchun xavf tug'diruvchi hujayralarga aylanishi kuzatilgan holatda, organizm genomida bu hujayralarning «o'z-o'zini nobud qilish dasturi» ishga tushirilishi asosida yo'q qilinishi amalga oshadi. Biroq immun tizim funksiyasi susayishi natijasida funk-

siyasi ishdan chiqqan hujayralarni «tanib olish» jarayonining faolligi susayadi va o'z navbatida, nazoratsiz ravishda, cheksiz ko'payish xossasiga ega bo'lgan o'sma hujayralari kelib chiqadi va organizm hayot faoliyati uchun xavf yuzaga keladi. Radiatsion terapiya odam organizmida o'sma hujayralarining ko'payishini cheklash va yo'qotishga qaratiladi. Biroq radiatsion nurlanish hujayralarga tanlab ta'sir ko'rsatmaydi va bunda sog'lom to'qimalarning ham radiatsion zararlanishi kuzatiladi. Shu sababli, bunday vaziyatda organizmning umumiy holatini yaxshilovchi radioprotektor preparatlardan foydalanish zaruriyati tug'iladi.

Masalan, radioterapiya amaliyotida foydalaniluvchi, tarkibi limon siropi, leysin, valin, izoleysin, taorindan tashkil topgan — «Sartar» (Rossiya) radioprotektor preparati odam organizmida zaharli moddalarning salbiy ta'sirini susaytiruvchi, antioksidant, gepatoprotektor, radioprotektor ta'sir faolligiga egaligi va immun-tizim funksiyasini faollashtirishi qayd qilinadi.

Bioflavonoidlar — potensial samarali ta'sirga ega radioprotektorlar sifatida.

Odatda, ko'pgina kimyoviy radioprotektor preparatlar yuqori darajada toksik ta'sirga egaligi va qisqa vaqt (~1–2 soat) davomida terapevtik ta'sir ko'rsatishi qayd qilinadi. Shu sabab lifito preparatlar asosida, samarali ta'sirga ega bo'lgan va qo'shimcha salbiy ta'sir kuzatilmaydigan radioprotektor preparatlarning yangi avlodini yaratish muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

Shuningdek, tibbiyot amaliyotida o'sma kasalligiga qarshi radiatsion terapiya usulidan foydalaniladi, biroq radiatsion nurlanish me'yoriy holatdagi biologik to'qimalarga nisbatan salbiy ta'sir ko'rsatishi tasdiqlangan.

Shu sababli, hozirgi vaqtda kimyoviy radioprotektor moddalarning (AET, WR2721, WR 1065 va boshqalar) salbiy toksik ta'sirga egaligi uchun tabiiy o'simlik moddalari asosida, toksik ta'sirga ega bo'lmagan radioprotektor preparatlarni ishlab chiqish yo'nalishida amalga oshiriluvchi tadqiqotlar dolzarb ahamiyatga ega hisoblanishi qayd qilinadi. Amalga oshirilgan tadqiqotlarda in vitro sharoitida o'simlik moddalari asosida yaratilgan ayrim radioprotektor moddalar qon tizimiga ijobiy ta'sir ko'rsatishi, shuning-

dek, tajriba hayvonlari organizmida immun tizimini faollashtirishi orqali terapevtik ta'sir ko'rsatishi qayd qilingan.

• *α-Toko ferolmono glyukozid* — toksik ta'siri kam bo'lgan, samarali radioprotektor hisoblanadi.

• *Baicalein* — 5–50 mk M konsentratsiyada ta'sir ko'rsatuvchi, kuchli radioprotektor bo'lib, lipidlarning peroksidlanishi jarayoni ingibitori hisoblanadi.

• *Troxerutin* — sophora japonica o'simligidan ajratib olingan flavonoid bo'lib, radiatsion nurlanish ta'siri natijasida kuchli radioprotektor sifatida ta'sir ko'rsatishi qayd qilingan.

Kislorod erkin radikallarini bog'lab oluvchi, antioksidant ta'sir xususiyatiga ega bo'lgan flavonoidlar asosida radioprotektor vositalarni ishlab chiqish yo'nalishida ilmiy-amaliy taqiqotlar olib borilmoqda.

Flavonoidlar biologik to'qimalarda endogenanti oksidant ferment tizimlarining (*superoksidismo'taza, katalazaglotatsion-peroksidaza, glotatsionreduktaza*) funksiyasini faollashtirishi, immun tizimini barqarorlashtirishi, gepatoprotektor, kardioprotektor sifatida ta'sir ko'rsatishi, shuningdek, DNK darajasida yuzaga keluvchi buzilishlar darajasini susaytirishi orqali radiatsion nurlanish sharoitida biologik organizmlarda qayta tiklanish jarayonini tezlashtirishi taxmin qilinadi. Shuningdek, qayd qilib o'tish kerakki, amalga oshirilgan tadqiqotlarimizda flavonoidlar polifunksional terapevtik ta'sir xususiyatlariga ega hisoblanadi.

Jumladan, kversetin, rutin va katexinin vitro sharoitida tajriba hayvonlari miokard funksiyasi faolligini oshirishi va sezilarli darajada antiaritmik ta'sir ko'rsatishi aniqlandi.

Shuningdek, amalga oshirilgan tajribalarda pulikarin flavonoidi kuchli gipotenziv ta'sir ko'rsatishi aniqlandi.

Amalga oshirilgan tadqiqotlarda ocimum sanctum o'simlik turidan ajratib olingan flavonoidlar tajriba hayvonlarida sezilarli darajada radioprotektor sifatida ta'sir ko'rsatishi qayd qilingan.

Flavonoidlarning antioksidant ta'sir mexanizmlari radiatsion-nurlanish sharoitida biologik to'qimalarda o'sma kasalliklari kelib chiqish ehtimolligi darajasini susaytirishi mumkinligi taxmin qilingan.

Ayrim flavonoidlar (*nepitrin*, *scutellarein*, *rutin*, *naringin*) radiatsion nurlanish ta'sirida tajriba hayvonlarining nobud bo'lish darajasini kamaytirishi aniqlangan.

Tadqiqotlarda *Pilea microphylla* o'simlik turidan ajratib olingan *kversetin-3-O-rutinozid* flavonoidi *invivo* sharoitida tajriba hayvonlarida radiatsion nurlanishning salbiy ta'sirini kamaytirishi aniqlangan va bu ta'sir biologik to'qimalarda antioksidant tizim muvozanatini qayta tiklashi, shuningdek, radiatsion nurlanish ta'sirida rivojlanuvchi apoptoz jarayonini susaytirishi bilan bog'liq bo'lishi mumkinligi taxmin qilingan.

Tajribalarda kversetin γ -nurlanish va rentgen nurlanishi kuchli radioproteksion ta'sir faolligiga egaligi qayd qilingan.

Rutin, kversetin qon tomirlar devori tonusini mustahkamlaydi, S vitamini o'zlashtirilishini yaxshilaydi. Amalga oshirilgan tadqiqotlarda rutin va kversetin γ -radiatsion nurlanish sharoitida endogenantioksidant ferment tizimlari – superoksiddismotaza, katalazaglotatsion peroksidaza, glotatsion reduktaza funksiyasini faollashtirishi, erkin radikallar konsentratsiyasini kamaytirishi, lipidlarning peroksidli oksidlanish darajasini kamaytirishi aniqlangan.

Ma'lumki, radiatsion nurlanish ta'sirida biologik to'qima hujayralarida navbatdagi buzilishlarning biokimyoviy zanjirini boshlab beruvchi – kislorodning faol shakli (*erkinradikal*) hosil bo'lishi jarayoni kuchayadi, aynan polifenol birikmalari, jumladan, flavonoidlarning radioproteksion ta'siri antioksidant ta'sir mexanizmi orqali izohlanadi.

Ocimum L. o'simlik turlaridan ajratib olingan flavonoidlar radiatsion nurlanish sharoitida ferment tizimlari faolligiga ta'sir ko'rsatish orqali radioprotektor sifatida ta'sir qilishi mumkinligi taxmin qilingan.

Tadqiqotlarda turli xil o'simliklardan ajratib olingan flavonoidlar sezilarli darajada radioprotektor ta'sir effektiga egaligi qayd qilingan bo'lib, jumladan, *Alpinia galanga L.* o'simligidan ajratib olingan galangin, kaempferide flavonoidlari *invitro* sharoitida 2Gry-nurlanish ta'siri sharoitida DNK makro molekulasida yuzaga keluvchi buzilishlarga sezilarli darajada qarshilik ko'rsatishi aniqlangan va



Aloe arborescens



Emblica oinialis



Mentha arvensis



Gingo biloba

Radioprotektor sifatida ta'sir xususiyatiga ega bo'lgan ayrim o'simlik turlari

bu flavonoidlarning radiatsion nurlanish ta'sirida hosil bo'luvchi erkin radikallarning salbiy ta'sirini neytrallovchi ta'sir ko'rsatishi bilan bog'liqligi taxmin qilingan.

Shuningdek, *hes Peridin* flavonoidi tajriba hayvonlarida 10–160 mg / kg dozada qorin bo'shlig'iga inyeksiya qilingan sharoitda 2 Gry-nurlanish sharoitida DNK makro molekulasida yuzaga keluvchi buzilishlarga qarshi radioproteksion ta'sir ko'rsatishi qayd qilingan.

Hozirgi vaqtda radioprotektor preparatlarning yangi avlodi sifatida, tarkibida bioflavonoidlar mavjud bo'lgan bir qator preparatlar ishlab chiqarilishi yo'lga qo'yilgan. Jumladan, tarkibida flavonoidlar mavjud bo'lgan «Vitokan» (Ukraina) preparati antioksidant va radioprotektor ta'sir ko'rsatishi tasdiqlangan.

Kversetin flavonoidi γ -nurlanish ta'siri sharoitida tajriba hayvonlarida DNK makro molekulasidagi buzilishlar yuzaga kelishini sezilarli darajada susaytirishi qayd qilingan va flavonoidlar radioprotektor sifatida ijobiy ta'sirga ega preparatlarni ishlab chiqishda istiqbolli manbalar hisoblanishi ta'kidlangan.

Biologik to'qimalarni turli xil tomondan rentgen nurlanishi yordamida tahlil qilish va uch o'lchamli tasvirini hosil qilish asosida, 1979-yilda **A. Kormak** va **G. Xaunsfild** tomonidan (Angliya) **rentgen Kompyuter tomografiya** uslubi ishlab chiqilgan va ushbu kashfiyot uchun Nobel mukofoti taqdim etilgan.

Rentgenografiya (ingliz tilida *projection radiography, plain film radiography, roentgenography*) – rentgen nurlanishi yordamida maxsus tasma yoki qog'ozga ichki organlarning tasviri tushirilishi uslubi hisoblanadi.

Rossiyada dastlabki rentgen nurlanishi yordamidagi tasvir 1896-yilda olingan va 1918-yilda dastlabki Rentgenologik klinika ish boshlagan.

Rentgenografiya uslubi oshqozon va o'n ikki barmoqli ichakda yara, o'smalarni aniqlashda (*duodenografiya*); o't pufagini (*xoletsistografiya*), o't suyuqligi yo'lini (*xoleografiya*), yo'g'on ichakni (*irrigoskopiya*), ko'krak qafasi sohasini tekshirishda (*flyuorografiya*), umurtqa pog'onasi patologiyalariga (*osteoxondroz, spondilyoz*) tashxis qo'yishda, tayanch-harakatlanish tizimi, buyraklar, tishlar (*ortopantomografiya*), sut bezlari (*mammografiya*) holatini o'rganishda rentgenodiagnostika maqsadlarida keng miqyosida foydalaniladi.

Hozirgi vaqtda tibbiyot amaliyotida zamonaviy, ixcham rentgen apparatlaridan foydalaniladi.

So'nggi vaqtlarda rentgenologik diagnostika amaliyotida harakatlanuvchi rentgen apparatlariga talab darajasi oshdi. Bu yo'nalishda «GE Healthcare» firmasi tomonidan **Optima XR220 amx**, **Optima XR200 amx**, **Brivo XR285 amx** kabi rentgen apparatlari modellari ishlab chiqarilgan.

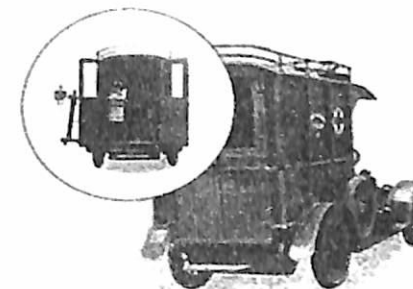
GENORAY firmasi tomonidan ishlab chiqarilgan, implatologiya va jag'-yuz jarrohligi amaliyotida foydalanish qulay hisoblangan, **PORT-X II** ixcham dental rentgen apparati va



1918-yilda rentgenolog hamshiraning rentgen nurlanishidan himoyalash maqsadida kiygan kiyimi



Optima

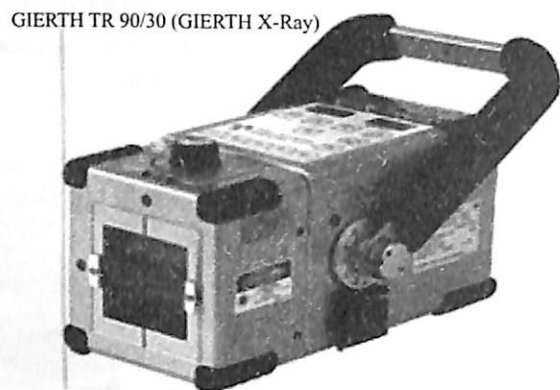
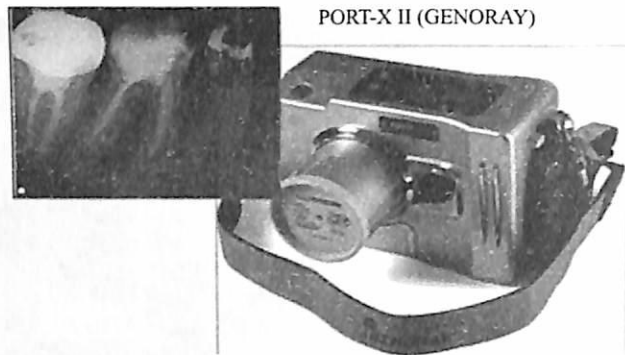


Rentgenomobil (1918)-yil

Dastlabki va zamonaviy Rentgen apparatlari



Definium AMX 700
rusumidagi zamonaviy
rentgen apparati
(XXI asr)

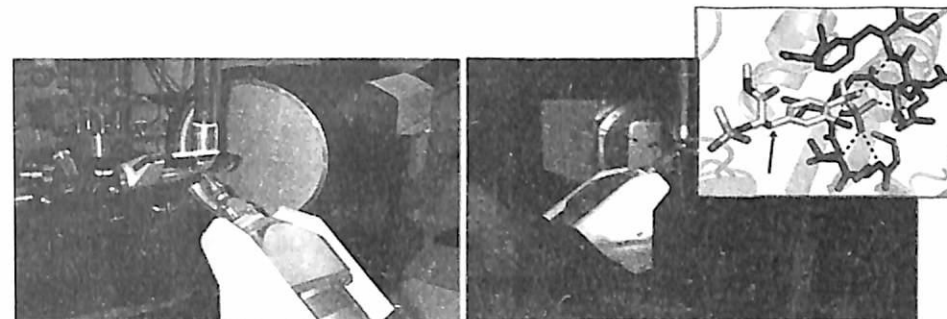


Portativ Rentgen apparatlari

GIYERTH X-Ray firmasi (Germaniya) tomonidan ishlab chiqarilgan, **GIYERTH TR 90/30** ixcham rentgen apparati.

Zamonaviy tibbiyot amaliyotida rentgenologik diagnostika — *angiografiya, Kompyuter tomografiyasi, mielografiya, flyuorografiya, rentgenoskopiya* kabi yoʻnalishlarda qoʻllaniladi.

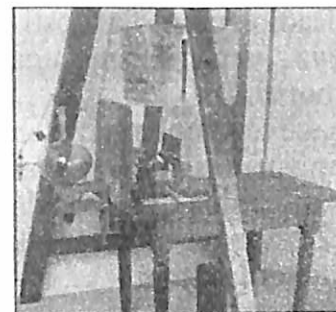
Rentgen kristallografiya usuli 1912-yilda Myunxen universitetida **M. Laue** tomonidan rentgen nurlanishining interferensiya va difraksiyalanish hodisasi qayd qilinadi. Bu hodisa Vulf va Bregg tomonidan nazariy jihatdan asoslab berilgan va Debay va Sherrer tomonidan rentgen kristallografiya usuli (*rentgen-struktura tahlili*) ishlab chiqilgan. Hozirgi vaqtda moddaning konformatsion molekulyar struktura tuzilishini tahlil qilishda **rentgen kristallografiya usulidan** (*rentgen-struktura tahlili*) keng miqyosida foydalaniladi.



Rentgen kristallografiyasi usuli

Rentgen kristallografiya usuli rentgen nurlanishning kristall tarkibidagi atom strukturasi bilan taʼsirlashishi natijasida difraksiyalanishini qayd qilishga asoslaniladi.

1924-yilda **J. Xevyoshi** tomonidan $^{214}_{83}\text{Bi}$ izotopi yordamida tajriba hayvonlarida gemotsirkulyatsiya jarayoni oʻrganilgan. 1927-yilda **Blumgard** va **Weiss** tomonidan yurak kasalliklarida gemodinamika holatini baholash uchun radon gazidan foydalanilgan va **radionuklid diagnostika** sohasiga asos solingan.



Rentgen nurlanishi yordamida tahlil qilish maqsadida ishlab chiqilgan dastlabki qurilma



OXF ORD DIFERACTION difrakometr qurilmasi (XXI)

Hozirgi vaqtda tibbiyotda radionuklid diagnostika uslubidan keng miqyosida foydalaniladi. Masalan, organizmga radioaktiv yod izotoplari ($^{125}_{53}\text{I}$ yoki $^{131}_{53}\text{I}$) kiritiladi va **gamma-tomograf** (*ssintigraf*)

asbobi yordamida «nishonlangan» atomlarning joylashish holati aniqlanadi va olingan natijalar asosida, qalqonsimon bezning funksional holatiga tashxis qo'yiladi.

Radiatsion nurlanish yordamida davolash (radioterapiya) – tibbiyot amaliyotida ionlashtiruvchi nurlanish yordamida davolash uslubi hisoblanadi. Hozirgi vaqtda asosan, radioterapiya uslubi ~80% holatlarda o'sma (*saraton*) kasalliklarini davolash amaliyotida qo'llaniladi.

Rentgen nurlanishidan ko'krak bezi o'sma kasalligini davolash bo'yicha dastlabki amaliyot 29.01.1986-yilda amalga oshirilgan. 24.11.1896-yilda Vena shahrida L. Freund tomonidan o'sma kasalligiga qarshi radiatsion terapiya usuli ikkinchi marta qo'llanilgan. 1908-yildan boshlab, Regaud tomonidan bachadon saratonini $^{226}_{88}\text{Ra}$ izotopi asosida ishlab chiqilgan radiatsion nurlanish qurilmasi yordamida davolash uslubi asoslab berilgan.

Radioaktiv izotoplar klinik tibbiyot amaliyotida o'sma (*saraton*) kasalligini davolash (*onkoterapiya*), shuningdek, patologik holatlarga tashxis qo'yish maqsadlarida foydalaniladi.

Radioizotop diagnostika – radioaktiv izotoplar va nishonlangan birikmalar yordamida kasallikni aniqlash. Radioizotop diagnostikaning asosiy usuli radioaktiv indikatsiya, yani organizmga yuborilgan radioaktiv moddalarni kuzatib borishdir.

Ko'pgina kimyoviy elementlarning radioaktiv izotoplari o'zidan ionlovchi nurlar chiqarib turadi; izotop organizmga yuborilganidan keyin, uning taratadigan nurlarini maxsus apparatlar yordamida juda aniqlik bilan qayd qilish mumkin. Zamonaviy radiologik apparatlar radioaktiv birikmalar juda kam miqdorda, ya'ni tekshirilayotgan kishining organizmi uchun amalda hech bir ziyonsiz indikator miqdorda olinganda ham ularni aniqlash va o'rganishga imkon beradi.

Vrach radioaktiv moddalarning bemor organizmida qanday taqsimlanishi, bir joydan ikkinchi joyga o'tishi va organizmdan chiqib ketishiga qarab, tegishli elementlarning organizmdagi biokimyoviy va fiziologik jarayonlarda qay tariqa ishtirok etishi to'g'risida fikr yuritadi.

Radioizotop diagnostikaning lab. radiometriyasi, klinik radiometriya, klinik radiografiya va skanerlash usullari ko'p qo'llanadi. Lab. radiometriyasida qon, siydik va axlatning ma'lum qismini tekshirib, nishonlangan birikmaning bor-yo'qligi aniqlanadi. Bu usul qon plazmasi hajmi va undagi qizil tanachalar sonini aniqlashda qo'llanadi. Klinik radiometriya a'zo va to'qimalarda to'plangan nishonlangan birikmalarni bemordagi nurlanishni tashqi tomondan o'lchash yo'li bilan aniqlashga asoslangan. Bu usul bilan qalqonsimon bez funksiyasi aniqlanadi. Klinik radiografiya usulida nishonlangan birikmaning turli a'zolarga o'tish tezligini aniqlash orqali a'zolarning fiziologik faolligi tekshiriladi. Klinik radiografiyada maxsus radiodiagnostik apparatdan foydalaniladi, radiometrik o'lchov natijalari lenta qog'ozga egri chiziqlar ko'rinishida yozib boradi.

Skanerlash Radioizotop diagnostikaning keng tarqalgan usuli; a'zo va to'qimalar (*jigar, buyrak, o'pka, qalqonsimon bez, orqa miya va bosh miya, suyaklar, limfa sistemasi*)ning ma'lum radioaktiv preparatlarni to'plab borishiga va buning natijasini skaner deb ataladigan maxsus apparat yordamida qayd qilishiga asoslangan. Skanerda nurlar impulslarini qabul qilib oladigan datchik bo'ladi. Bu datchik bemor tanasining tekshirilayotgan joyi ustidan avtomatik ravishda yurib borib, nur impulslarini o'ziga qabul qiladi va ularni elektr signallarga aylantirib beradigan moslamaga o'tkazadi, shu moslamadan chiqadigan elektr signallari ularni qayd qilib boradigan qurilmaga tushadi. Elektr impulsi ta'sirida, xuddi yozuv mashinasidagidek, registrator qora lenta ustidan qog'ozga urib, unga shtrixlar, nuqtalar yoki raqamlar ko'rinishidagi belgilarni tushiradi.

Datchik badanning tekshirilayotgan joyi ustidan o'tib borayotganida radioaktiv izotopning a'zoda qanchalik to'planganiga qarab belgilar har xil zichlikda tushadi. Organning radioaktiv preparatni ko'proq yutib olgan qismlaridan skanogrammaga belgilar ancha zich, qalin bo'lib tushadi. Preparat o'tmagan yoki ozroq o'tgan joylardan esa belgilar tushmaydi yoki ancha siyrak bo'ladi.

Radioizotoplar bilan ichki organlarni skanerlash tekshirilayotgan organning organizmda qanday joy olgani, uning shakli va

katta kichikligini, shuningdek, unda patologik o'zgarishlar bor-yo'qligini aniqlashga imkon beradi.

Bemorlarni radioizotoplar yordamida tekshirish usullarining asosiy afzalligi shuki, bunda bemor og'riq sezmaydi va unga hech qanday ziyon etmaydi, olingan natijalar ham ancha aniq bo'lib chiqadi. Diagnostika maqsadida foydalaniladigan nishonlangan preparatlar kishi organizmiga mutlaqo zararsizdir. Shuning uchun tekshirish paytida bemor normal rejimda bo'ladi.

Nazorat uchun savollar:

1. Radioprotektor nima?
2. Radioprotektorlar qanday tasniflanadi?
3. Radioprotektorlarning ta'sir mexanizmini tushintirib bering?
4. Bioflavonoidlarning radioprotektorlar sifatida foydalanilish istiqbollari qanday?
5. Rentgenografiya usulini tavsiflang.
6. Rentgen kristallografiya usuli nima?
7. Radionuklidlar yordamida tashxis qo'yish va radioterapiya nima?
8. Radioizotoplar bilan davolash usullari to'g'risida ma'lumotlar bering.
9. Rentgen nurlarga bog'liq davolash usullari haqida nimalar bilasiz?
10. Radioizotoplar asosida davolash va davolashda foydalanilgan radioizotoplarga misollar keltiring.

Test savollari

1. Radiatsion nurlanishning salbiy ta'siridan himoyalash va nurlanish kasalligiga qarshi ishlatiluvchi moddalar umumiy nom bilan nima deb nomlanadi?
 - A. Radiorezistorlar.
 - B. Radioizotoplar.
 - C. Radioprotektorlar.
 - D. Enteroprotektorlar.
2. Radioprotektorlar sifatida amaliyotda tarkibida qaysi modda atomi mavjud bo'lgan preparatlar foydalaniladi?
 - A. Uglarod.
 - B. Yod.
 - C. Kalsiy.
 - D. Oltingugurt.
3. Radiatsion nurlanish ta'sir qilishi oldidan qo'llanilganda, ionlashtiruvchi nurlanishning organizmga salbiy ta'sirini susaytiruvchi moddalar qanaqa ataladi?
 - A. Enteroprotektorlar.

- B. Profilaktik radioprotektorlar.
- C. Terapevtik (davolovchi) moddalar.
- D. Mitigatorlar.

4. radiatsion nurlanish ta'siri davomida yoki undan keyin nurlanishning salbiy ta'sirini susaytirish maqsadida qo'llaniluvchi radioproteksion moddalar qanaqa ataladilar?.

- A. Mitigatorlar.
- B. Enteroprotektorlar.
- C. Profilaktik radioprotektorlar.
- D. Terapevtik (davolovchi) moddalar.

5. Radiatsion nurlanish ta'sirida yuzaga keluvchi patologik holatlarni (nurlanish sindromlari) bartaraf qilish, biologik to'qimalar hujayralari funksiyasini qayta tiklash maqsadida foydalaniluvchi radioprotektor moddalar qanaqa ataladilar?

- A. Enteroprotektorlar.
- B. Profilaktik radioprotektorlar.
- C. Mitigatorlar.
- D. Terapevtik (davolovchi) moddalar.

Mavzu: Radiatsion xavfsizlik me'yorlari. Chegaraviy ruxsat etilgan doza. Samolyot, televizor ekrani, uyali aloqa vositalari, kompyuter monitori, tibbiyot asbob-qurilmalari, radiatsion oziq-ovqat mahsulotlari, radiatsion ekologiya ta'siridagi nurlanishlar. Nurlanishning oldini olish chora-tadbirlari

Reja:

1. Tirik tizimlarda radiatsion xavfsizlik me'yorlari. Chegaraviy ruxsat etilgan doza.
2. Jamiyatda va ijtimoiy muhitda radiatsion nurlanish holatlari.
3. Nurlanishni oldini olish chora-tadbirlari.

Tayanch so'zlar: radiatsion xavfsizlik me'yorlari, elektromagnit to'l-qinlarning ta'siri, rentgen nurlanishi, ultrabinafsha nurlanish, elektromagnit maydon.

Radiatsion nurlanishdan himoyalaniş nuqtai nazaridan dastlabki tavsiyalar sifatida – 1906-yilda **D.F. Reshetilo** (Rossiya) tomonidan rentgen nurlaridan tibbiyot amaliyotida diagnostika maqsadlarida foydalanish davomida maxsus ko'zoynak, himoya fartugi va ekranlaridan foydalanish zarurligi qayd qilingan.

Shuningdek, 1914-yilda Rossiyada ishchi-xodimlarning kasbiy faoliyati bilan bog'liq radiatsion nurlanish xavfidan himoyalaniş bo'yicha dastlabki qoidalar ishlab chiqilgan.

Hozirgi vaqtda radiatsion terapiya uslubidan tibbiyot amaliyotida davolash maqsadlarida foydalanish bilan bog'liq holatda, **terapevtik radiologiya va onkologiya Yevropa jamiyati (ESTRO, The European Society for Therapeutic Radiology and Oncology)** tomonidan xalqaro miqyosida muntazam ravishda qo'llanma va tavsiyalar ishlab chiqilishi yo'lga qo'yilgan.

Radiatsion xavfsizlik me'yorlari:

• Belgilangan radiatsion xavfsizlik me'yorlariga binoan, sanoat miqyosida ishlab chiqarish sharoitida ishchi-xodimlarning tabiiy radioaktiv manbalar ta'sirida nurlanish dozasi $\sim 5 \text{ mZv/yil}$ qiymatdan oshmasligi talab qilinadi;

• Tibbiy rentgenologik diagnostika maqsadlarida amalga oshiriluvchi tekshirishlarda samarali nurlanish dozasi qiymati $\sim 1 \text{ mZv/yil}$ dan oshmasligi talab qilinadi;

• Kompyuter monitoridan 5 sm uzoqlik masofada rentgen nurlanishining ekspozitsion doza qiymati $0,1 \text{ mkZv/soat}$ (100 mkR/soat) qiymatdan oshmasligi belgilangan.

• Radiatsion nurlanish xavfsizligi me'yorlariga ko'ra, 200 mkR/s radiatsion nurlanish sharoitida haftasiga 40 soat davomida mehnat faoliyati bilan shug'ullanish belgilangan.

1928-yilda «Rentgen nurlanishi va radiy izotopi nurlanishidan himoya qilish Xalqaro qo'mitasi» tashkil qilingan va bu qo'mita 1950-yilda «Radiologik himoya bo'yicha Xalqaro komissiya» deb qayta nomlangan.

Ushbu komissiya tomonidan radiatsion nurlanishning odam organizmiga ta'siri o'rganiladi va nurlanishdan himoya qilish bo'yicha tegishli tavsiyalar, ko'rsatmalar ishlab chiqiladi.

1955-yilda BMT huzurida «Atom radiatsiyasi bo'yicha ilmiy qo'mita» tashkil qilingan va bu qo'mita tabiiy va antropogen tavsifda kelib chiqish xususiyatiga ega bo'lgan ionlashtiruvchi nurlanish xossalari va uning odam organizmiga, atrof-muhitga ta'sir mexanizmlari haqida ilmiy ma'lumotlarni to'plash va tahlil qilish bilan shug'ullanishi belgilangan.



Zararlangan zonada ishlash

1957-yilda «Atom energiyasi bo'yicha Xalqaro agentlik» tashkil qilinishi, 1963-yilda «Kosmosda, suv ostida va atmosferada yadro qurolini sinovdan o'tkazishni cheklash bo'yicha Xalqaro bitim» tuzilishi radiatsion xavfsizlik nuqtai nazaridan, tegishli qoida va

amaliy chora-tadbirlar ishlab chiqilishida muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

Chegaraviy ruxsat etilgan doza — bu cheklanmagan vaqt davomiyligida ta'sir ko'rsatishi ta'sirida biologik organizmda patologik holatlarga olib kelmaydigan radiatsiya nurlanishi dozasi qiymatini ifodalaydi. Radiatsion nurlanishning chegaraviy ruxsat etilgan dozasi 1925-yilda bir ish kuni davomida 0,1–0,2 *Rentgen* deb belgilangan va «Radiatsiya nurlanishidan himoya masalalari bo'yicha xalqaro komissiya» tomonidan 1959-yilda odam organizmi uchun radiatsion nurlanishning chegaraviy ruxsat etilgan dozasi 0,1 *Ber/hafta* va mos ravishda, 5 *Ber/yil* qiymatini tashkil qilishi belgilangan. Shuningdek, ma'lum vaqt davomida mehnat faoliyati bilan shug'ullanish sharoitida radiatsion nurlanishning yig'indi chegaraviy ruxsat etilgan dozasi (D) quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$D = 5(N - 18)$$

Bu yerda: N — odam organizmining yoshi (yil hisobida); 18 — odatda, odamning kasbiy faoliyat bilan shug'ullanishni boshlash yosh davri hisoblanadi.

Shuningdek, chegaraviy ruxsat etilgan doza 0,1 *Ber/hafta* qiymati odatda, odam organizmida radiatsion nurlanish ta'siriga yuqori darajada sezgirlik xususiyatini namoyon qiluvchi organlar (*critical body*) — jumladan, jinsiy bezlar, suyak iligi, ko'z gavhari kabilar uchun ishlab chiqilgan bo'lib, radiatsion nurlanish ta'siriga nisbatan past darajada sezgirlikka ega organlar — teri, qalqonsimon bez uchun bu qiymat 0,6 *Ber/hafta*, ya'ni 30 *Ber/yil* qiymatini tashkil qilishi belgilangan.

Samolyotda (10,5 *kmdan* yuqorida) odam organizmiga Yer atmosferasining kosmik radiatsion nurlanishdan himoyalovchi ekranining ta'siri yo'qoladi, o'z navbatida Amerikadan Yevropaga bir martalik reys davomida odam organizmida o'rtacha $\sim 0,05$ *mZv* doza radiatsiya qabul qiladi. Reaktiv samolyotlar uchuvchilari yiliga o'rtacha 5 *mZv* doza radiatsiya qabul qilishi hisoblangan. Shuningdek, 15–18 *km* balandlikda uchishga moslashgan, «Concord» rusumidagi avialaynerlarda Atlantika okeani ustidan uchib

o'tish davomida odam organizmi ~ 50 *mkZv* radiatsiya olishi qayd qilinadi. Shu sababli, ushbu tipdagi samolyotlar bortiga xavfli radiatsion nurlanishdan ogohlantiruvchi dozimetrik qurilmalar o'rnatiladi.

«Concord» tipidagi samolyotda ~ 4 –5 soat davomida parvoz qilish davomida, yo'lovchi organizmi 40–50 *mkZv* radiatsion nurlanish olishi qayd qilingan, o'z navbatida 10 marta parvozdan keyin odam organizmida 500 *mkZv* (0,5 *mZv*) radiatsion nurlanish dozasini qabul qilish kuzatiladi.



AQSHdan Yevropaga *Trans Atlantic* havo yo'li bo'ylab reaktiv samolyotda parvoz qilish davomida odam organizmi $\sim 5 \times 10^{-5}$ *Zv* radiatsion nurlanish oladi. Shuningdek, samolyotda parvoz qilish davomida radiatsion nurlanish dozasi uchish balandligi va geografik kengliklarga ham bog'liqligi aniqlangan. Jumladan, Parij shahridan Rio-de-Janeyroga reaktiv samolyotda 7,2 $\times 10^3$ *metr* balandlikda parvoz qilish davomida yo'lovchilar 3×10^{-7} *Gr/s* nurlanish olishi qayd qilingan.

Shuningdek, Nanta hududidan Dakargacha oraliqda reaktiv samolyotda 16 $\times 10^3$ *metr* balandlikda parvoz qilish vaqtida 45° shimoliy kenglikda radiatsion nurlanish qiymati $1,7 \times 10^{-6}$ *Gr/s* ni tashkil qilishi va 25° shimoliy kenglikda esa — bu qiymat $8,3 \times 10^{-6}$ *Gr/s* ni tashkil qilishi qayd qilingan.

Zamonaviy yassi ekranli televizorlarda ekran ~ 50 *mkR/chas* radiatsion nurlanish hosil bo'lishi aniqlangan. Bunda hosil bo'luvchi β -nurlanish havoda 1–2 *sm* masofaga tarqaladi. Shu sababli, televizor ekranini qo'l bilan artish tavsiya etilmaydi!

Odatda, intensivlik darajasi qiymati 0,2 *mkTl* (*mikroTesla*) dan yuqori elektromagnit maydon odam organizmi salomatligi uchun salbiy ta'sir ko'rsatishi qayd qilingan. Eski tipdagi (Kines-

kopli yoki elektron nur trubkasiga ega) ekranli televizorlarda elektromagnit maydon intensivlik darajasi qiymati $0,2 \text{ mkTl}$ dan yuqori hisoblanadi.

Shuningdek, televizor ekranidan uzoqlashish bilan, taxminan 1,1 metr masofada elektromagnit maydon sezilarli darajada susayishi kuzatiladi. Aynan eski tipdagi ekranga ega televizorlarda rentgen nurlanishi hosil bo'lishi, zamonaviy yassi plazmali ekranga ega televizorlarda esa rentgen nurlanishi qiymati nisbatan pastligi qayd qilinadi.

Demak, kineskopli televizor ekrani rentgen nurlanishi manbai sifatida o'rin tutadi. Televizor ekranidan $\sim 250 \text{ sm}$ uzoqlik masofasida odam organizmiga ta'sir ko'rsatuvchi samarali nurlanish dozasi qiymati $2,5 \times 10^{-3} \text{ mkZv/soat}$ hisoblanadi. O'z navbatida, har kuni televizor ekrani oldida o'rta 3 soat davomida teleko'rsatuvlarni tomosha qilish natijasida odam organizmida yil davomida $5-7 \text{ mkZv}$ radiatsiya nurlanishi olish qayd qilinadi.



Televizor kuchli elektromagnit nurlanish manbai

Bevosita «Radiobiofizika» fanining tadqiqot obyekti doirasiga kiruvchi elektromagnit maydon to'liqlari spektri diapazoni hisoblanmasada, biroq odam organizmiga salbiy ta'sir ko'rsatuvchi ayrim elektromagnit maydon nurlanishi manbalari haqida to'xtalib o'tish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Elektromagnit to'liqlarning ta'siri (elektromagnit maydon ta'sirida nurlanish) — elektromagnit maydon fazo bo'ylab tarqalishi davomidagi qayd qilinadi. Elektromagnit to'liqlar diapazoni — radioto'liq, infraqizil nurlanish, ko'rinuvchi nur spektri, ultrabi-

nafsha nurlanish, rentgen nurlanish diapazonini o'z ichiga qamrab oladi. Elektromagnit nurlanish chastota, to'liq uzunligi va qutblanish qiymati bilan tavsiflanadi.

7-jadval

Elektromagnit nurlanish chastota diapazonlari

Diapazon	To'liq uzunligi (λ)	Chastota (ν)
Radioto'liqlar	1 mm — 10 km	30 kGs — 300 GGs
Infraqizil nurlanish	1 mm — 780 nm	300 GGs — 429 TGs
Ko'rinuvchi nur	780—380 nm	429 TGs — 750 TGs
Ultrabinafsha nurlanish	380 nm — 10 nm	$7,5 \times 10^{14} \text{Gs}$ — $3 \times 10^{16} \text{Gs}$
Rentgen nurlanishi	10 nm — 5 pm	$3 \times 10^{16} \text{Gs}$ — $6 \times 10^{19} \text{Gs}$
γ -nurlanish	5 pm dan kichik	$6 \times 10^{19} \text{Gs}$

Ionlashtiruvchi ta'sirga ega elektromagnit nurlanish sifatida — rentgen nurlanishi, γ -nurlanish qayd qilinadi.

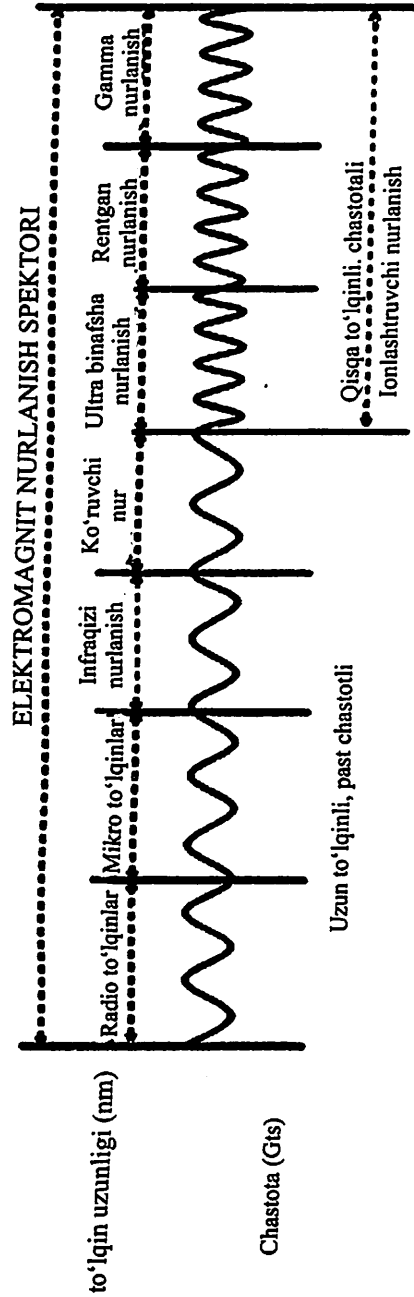
Kelib chiqishi, energiyasi, chastota va to'liq uzunligi qiymatiga ko'ra, elektromagnit maydon to'liqlari tarkibida ionlashtiruvchi xossaga ega bo'lgan nurlanish spektri diapazonida rentgen nurlanishi va γ -nurlanish alohida o'rin tutadi.

Rentgen nurlanishi — energetik shkala bo'yicha, elektromagnit maydon to'liqlari diapazoni tarkibida $10^{-4} - 10^2 \text{ \AA}$ (yoki $10^{-14} - 10^{-8} \text{ m}$) to'liq uzunligidagi to'liqlardan tashkil topgan bo'lib, γ -nurlanish va ultrabinafsha nurlanish oralig'idagi sohani egallaydi.

γ -nurlanish — to'liq uzunligi $< 5 \times 10^{-3} \text{ nm}$ elektromagnit nurlanish diapazonini qamrab oladi.

Ultrabinafsha nurlanish — rentgen va ko'rinuvchi nurlanish diapazoni oralig'ida joylashuvchi elektromagnit nurlanish spektri ($\lambda = 100 - 400 \text{ nm}$) hisoblanadi.

Shuningdek, biologik ta'sir xususiyatiga ko'ra, ultrabinafsha nurlanish quyidagi diapazonlarga bo'lanadi:



- *A* – ultrabinafsha nurlanish diapazoni ($\lambda=315-400\text{ nm}$);
- *V* – ultrabinafsha nurlanish diapazoni ($\lambda=280-315\text{ nm}$);
- *S* – ultrabinafsha nurlanish diapazoni ($\lambda=200-280\text{ nm}$);
- *Vakuum tavsifidagi* ultrabinafsha nurlanish diapazoni ($\lambda=100-200\text{ nm}$).

S – ultrabinafsha nurlanish diapazoni ($\lambda=200-280\text{ nm}$) bakteriya va viruslarga nisbatan yo'q qiluvchi (bakteritsid ta'sir) ta'sirga ega hisoblanadi.

Bunda mikroorganizmlarning bakteritsid ta'sirga sezgirlikining maksimal darajasi $254-265\text{ nm}$ sohaga to'g'ri keladi va bu holatda mikroorganizmlar DNK va RNK makromolekularida qaytmas o'zgarishlar yuz beradi. Shu sababli, ultrabinafsha nurlanishning ushbu diapazonidan suv va havo tarkibini patogen mikroorganizmlardan zararsizlantirish maqsadidagi texnologiyalarda foydalaniladi.

Ultrabinafsha nurlanish intensivlik qiymati ortgan holatda, o'simliklarda fotosintez jarayoni susayishi, o'z navbatida, qishloq xo'jaligi ekinlari hosildorligi keskin kamayishi, okean suvlarida fitoplankton miqdori kamayishi, odam va hayvonlar organizmida kasallanishga moyillik ortishi, ko'rish tizimi, teri kasalliklari, jumladan, o'sma kasalliklari, genetik o'zgarishlar yuzaga kelish ehtimolligi darajasi ortishi qayd qilingan.

Ozon qavati biosferani zararli ultrabinafsha nurlanish ta'siridan himoya qiladi. Stratosfera qatlamida ozon qavati tuzilishi va funksiyasining ilmiy asosda o'rganilishi XX asrning 1970-yillaridan boshlangan bo'lib, hozirgi vaqtda ayrim kimyoviy moddalar ta'sirida ozon qavati yemirilishi aniqlangan.

Masalan, Antarktika ustida Stratosfera qatlamida 1975–1984-yillar davomida ozon qavati $\sim 40\%$ ga kamayishi aniqlangan.

Elektromagnit maydon – maishiy elektr texnikalari, radio, uyali telefon, GPS navigator qurilmalari, yuqori elektr kuchlanish tarmoqlari, transformatorlar, uyali aloqa stansiyalari, simsiz internet tarmog'i va boshqa manbalar asosida yuzaga keladi. Shuningdek, su'niy yo'ldosh orqali signal qabul qiluvchi antennalar ham elektromagnit maydon hosil qiluvchi manbalar ro'yxati tarkibiga kiritiladi.

Amalga oshirilgan tadqiqotlarda bu tizim elektromagnit maydoni organizmda immun tizimi funksiyasi buzilishiga olib kelishi, xotira buzilishi, ko'payish organlari funksiyasi buzilishga olib kelishi mumkinligi tasdiqlangan.

Yuqori kuchlanishli elektr tarmoqlari, uyali telefon aloqa stansiyalari antennalari, radioaloqa antennalari, maishiy-turmushda ishlatiluvchi elektr qurilmalar va asbob-uskunalar hosil qiluvchi elektromagnit nurlanish odam organizmiga salbiy ta'sir ko'rsatishi tasdiqlangan.

Elektromagnit nurlanish qiymati 900–1800 MGs ni tashkil qiluvchi uyali telefon operator stansiyasi antennalari uchun ruxsat etilgan me'yoriy qiymatlar turli xil davlatlarda o'zaro farqlanadi. Masalan, bu qiymat AQSH da 100 mkV/sm^2 ni tashkil qilsa, Rossiya miqyosida 10 mkV/sm^2 , Ukrainada esa $2,5 \text{ mkVt/sm}^2$ belgilangan.

Uyali telefon aloqa tizimi har birining diametr o'lchami $\sim 1 \text{ km}$ ga teng bo'lgan «uyacha»lardan tashkil topgan hududlar bo'yicha asosiy operator stansiyasi antenasi orqali aloqa o'rnatilishini ta'minlaydi. Operator stansiya antenasi 463–1880 MGs chastota diapazondagi elektromagnit maydon hosil qiladi.

Odatda, zamonaviy texnologik tamoyillar asosida funksiya bajaruvchi antennalarda elektromagnit maydon to'lqini «soyabon» tipida tarqatiladi va shuningdek, antenna o'rnatilgan turar-joy binolarida istiqomat qiluvchi aholi salomatligiga elektromagnit maydonning salbiy ta'sirini susaytiruvchi maxsus himoya qurilmalaridan foydalaniladi.



Uyali aloqa antennalari

Hozirgi vaqtda GSM-900 standartiga mansub uyali aloqa operatorlari tomonidan doira tipidagi va sektor tipidagi ($l = \sim 3000 \text{ sm}$) antennalardan foydalaniladi.

Uyali aloqa baza stansiyasi antenasi bilan elektromagnit maydonning zichligi qiymati kamayib boradi va o'z navbatida, salbiy ta'sir kuchi susayib boradi.

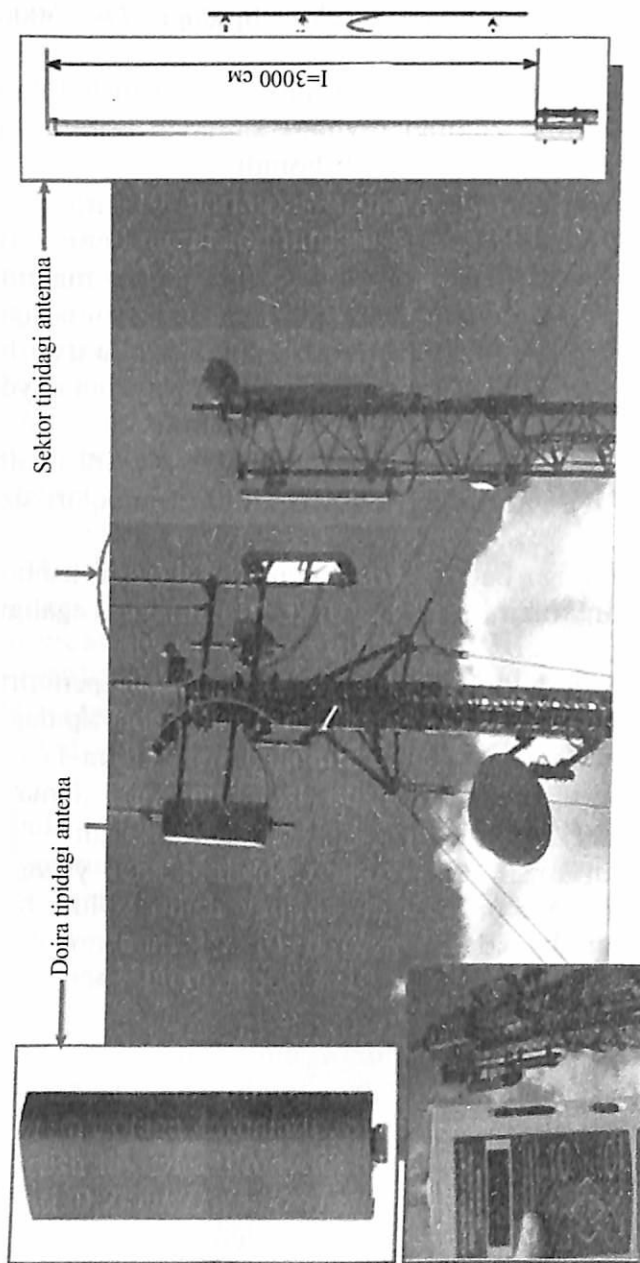
Hozirgi vaqtda belgilangan me'yorlarga binoan, turar-joy binolari tomiga o'rnatilgan uyali aloqa stansiyalari antennalari yaqin masofasida aholi istiqomat qilish joylarida elektromagnit maydon oqimining zichlik qiymati $\sim 10 \text{ mkV/sm}^2$ dan oshmasligi belgilanadi. Ayrim, Yevropa mamlakatlarida xonadonlarda uxlash xonasida bu qiymat $\sim 10-5 \text{ mkV/sm}^2$ ga teng bo'lishi zarurligi qayd qilinadi.

Albatta, zamonaviy axborot-kommunikatsiyalari davrini uyali aloqa vositalari yoki Wi-Fi tipidagi simsiz internet tarmoqlari siz tasavvur qilish qiyin.

Biroq o'z salomatligiga befarq bo'lmagan har bir kishi ushbu vositalarning odam organizmi salomatligiga salbiy ta'sirga egaligi haqida ma'lumotlarga ega bo'lishi zarur hisoblanadi.

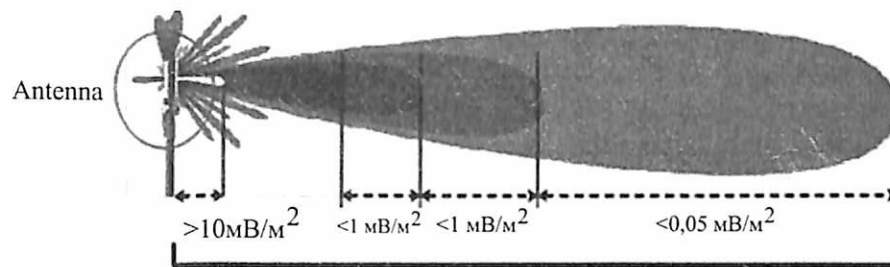
Amalga oshirilgan tadqiqotlarda «Beeline» uyali aloqa operatori (Rossiya) tomonidan foydalaniluvchi GSM va UMTS tipidagi aloqa tarmoqlari antennalari yaqinida odam organizmiga ta'sir ko'rsatishi mumkin bo'lgan elektromagnit maydon zichligi qiymati o'rtacha $0,01-0,1 \text{ mkV/sm}^2$ ni tashkil qilishi qayd qilingan.

Elektromagnit nurlanish ta'siridan himoya zonasini yuzaga keltirish uchun uyali aloqa baza stansiyasi antenasi ma'lum bir balandlikda joylashgan obyektlarga o'rnatiladi. Bunda antenaning elektromagnit maydoni gorizont va vertikal yo'nalish bo'yicha tarqalish holati hisobga olinadi. Antennadan uzoqlashish masofasi ortishi bilan elektromagnit maydonning odam organizmiga salbiy ta'siri susayadi. Biroq elektromagnit maydonning ta'sir ko'rsatish zonasi foydalaniluvchi chastota diapazoni, quvvati, antenaning o'rnatilish balandligi kabi ko'rsatkichlar bilan bog'liq hisoblanadi. Odatda, ko'p hollarda shahar sharoitida uyali aloqa baza stansiyasi antennalari aholi istiqomat qiluvchi binolar va shuningdek, odamlar kasbiy faoliyat bilan shug'ullanuvchi inshootlar tomiga o'rnatiladi



Aloqa antennalarining joylashtirilishi

va bu vaziyatda elektromagnit nurlanish ta'siridan himoyalash sanitariya zonasining samarali tavsifida tashkil qilinishi ehtimolligi darajasi keskin susayadi. Shuningdek, nafaqat bino va inshootlarning tomida, balki inshootlar ichki qismida, savdo markazlarida, metro liniyalarida, yer osti yo'llarida uyali aloqa operatorlari ichki antennalardan foydalanadi. O'z navbatida, uyali aloqa stansiyalari antennalarining odam organizmiga salbiy ta'siri bo'yicha ko'rsatkichlari belgilangan.



Hozirgi vaqtda elektromagnit nurlanishdan himoyalovchi maxsus ekranlar ishlab chiqilgan va amaliyotda keng qo'llaniladi. Jumladan, «GIGAHYERTZ SOLUTIONS» kompaniyasi (Germaniya) tomonidan elektromagnit nurlanishdan himoyalovchi maxsus F54 YSHIELD tipidagi bo'yoqlar asosidagi himoya ekranidan foydalanish loyihasi amaliyotga joriy qilingan. Bu bo'yoq ekologik jihatdan xavfsiz bo'lib, inshoot ichki qismini elektromagnit maydonning salbiy ta'siridan ~99%gacha himoyalashi qayd qilingan.

Shuningdek, «GIGAHYERTZ SOLUTIONS» kompaniyasi bu yo'nalishida HEG10 tipidagi metall to'rlarni ishlab chiqaradi.

Eslatib o'tish kerakki, maishiyturmushda foydalaniluvchi ko'pgina elektr qurilmalari ham sezilarli qiymatdagi elektromagnit maydon hosil qilishi tasdiqlangan.

Masalan, «mikroto'lqinli pech» ishlayotgan vaqtda ~30 mkV/sm², Wi-Fi tipidagi simsiz internet tarmog'i qurilmalari ~40 mkV/sm², shuningdek, ayrim uyali aloqa telefonlarining kirish qo'ng'iroqlarini qabul qilish vaqtida ~50 mkV/sm² zichlik qiymatiga ega elektromagnit maydon hosil qilishi aniqlangan. Rossiyada uyali

aloqa operatorlari stansiya antennalari yaqinida odam organizmiga ta'sir ko'rsatuvchi elektromagnit maydon zichlik qiymatining ruxsat etilish me'yori 10 mkV/sm^2 qilib belgilangan, shuningdek, AQSH, Shvetsiya, Norvegiyada bu ko'rsatkich 100 mkV/sm^2 ni tashkil qiladi.

Ilm-fan taraqqiyoti davrida odam organizmiga elektromagnit nurlanishning ta'sir darajasi keskin ortishi qayd qilinadi. Ayniqsa, zamonaviy aloqa vositasi sifatida uyali aloqa telefonlari va smartfonlardan foydalanish ta'sirida elektromagnit nurlanish ehtimolligi darajasi ortadi.

Qayd qilish kerakki, biz zamonaviy bozor iqtisodiyoti sharoitida hayot kechirmoqdamiz va har qanday telefon ishlab chiqaruvchi kompaniyalar tomonidan ommaviy axborot vositalari, ayniqsa, internet tarmoqlari orqali o'z mahsulotini reklama qilish maqsadida telefon ta'siridagi elektromagnit nurlanish xavfi yuqori emasligini ta'kidlashlari kuzatiladi.

Shvetsiyalik onkolog mutaxassislar tomonidan uyali aloqa telefonlaridan o'rtacha ~10-yil foydalanish davri davomida telefon-dan foydalanmaydiganlarga nisbatan miya o'sma kasalliklarining kelib chiqish ehtimolligi darajasi 2–5 marotaba ortishi aniqlangan.

Shuningdek, Isroilda amalga oshirilgan ilmiy tadqiqotlarda bevosita uyali aloqa telefon stansiyalariga yaqin hududda istiqomat qiluvchi aholi orasida turli xil o'sma kasalliklarining kelib chiqishi darajasi yuqoriligi aniqlangan.

Bevosita uyali aloqa telefon stansiyalaridan 300–400 metr masofada istiqomat qiluvchi aholi orasida umumiy salomatlik holatining yomonlashishi (*bosh og'rig'i, holsizlik*) kuzatiladi. AQSH Reprodukativ tibbiyot Milliy markazida amalga oshirilgan tadqiqotlarda uyali aloqa telefonlari elektromagnit nurlanishi ta'sirida urug' hujayrasi (*spermatozoid*) harakatchanligi keskin susayishi va ularning tarkibida kislorodning faol shakli (*erkin radikallar*) konsentratsiyasi ortishi aniqlangan.

Shuningdek, uyali telefon elektromagnit nurlanishi ko'rish organi funksiyasiga salbiy ta'sir ko'rsatishi, odam organizmining muddatidan oldin qarish jarayoni tezlashishiga olib kelishi tasdiqlangan.

Dastlabki zamonaviy uyali aloqa telefoni 1973-yilda «*Mot-rola Duna Tes*» kompaniyasi (AQSH) tomonidan ishlab chiqilgan bo'lib, hozirgi vaqtda uyali aloqa telefon stansiyalari butun dunyo miqyosida jadal rivojlandi, jumladan, BMT qoshidagi «*Xalqaro elektr aloqa ittifoqi*» tomonidan 2015-yilga kelib uyali aloqa telefonlarining soni dunyo aholisi sonidan ortib ketishi taxmin qilingan.

Shu sababli, uyali telefon tarqatuvchi elektromagnit to'lqinlari ta'sirida nurlanish ehtimolligi darajasi ham ortishi kuzatiladi.

Uyali aloqa telefonlaridan foydalanish davomida yuzaga keluvchi elektromagnit nurlanish dunyo miqyosida qabul qilingan standart o'lchov birligi – ya'ni, *yutilishning solishtirma koeffitsiyenti* (SAR – *specific absorption rate*) bilan ifodalanadi:

$$SAR = \frac{\sigma \bar{E}^2}{\rho}$$

Bu yerda: σ – odam organizmida biologik to'qimaning elektr o'tkazuvchanligi (Sm/m); ρ – odam organizmida biologik to'qimaning zichligi (kg/m^3); \bar{E} – elektr maydon kuchlanishini ifodalaydi (V/m).

Masalan, Xalqaro ICNIRP (*International Commission on Non-Ionizing Radiation*) tashkiloti tomonidan belgilangan qiymatlarga ko'ra, «Nokia 1110» rusumidagi uyali telefonning quloq yaqinida SAR koeffitsiyenti qiymati $0,78 \text{ Vt/kg}$ ni tashkil qilishi qayd qilinadi.

Demak, SAR (*Specific Absorption Rates*) – bir sekund davomida odam organizmida biologik to'qimaning elektromagnit maydon ta'sirida nurlanishi darajasini ifodalaydi. Odam organizmi uchun ruxsat etilgan xavfsiz SAR koeffitsiyent qiymati $\sim 2,5 \text{ mVt/kg}$ ge teng hisoblanishi belgilangan. Odam organizmi salomatligiga salbiy ta'sir ko'rsatmasligi uchun, odatda, uyali telefon ishlab chiqaruvchi kompaniyalar SAR koeffitsiyent qiymatiga alohida e'tibor qaratishadi. Biroq Xitoyda ishlab chiqarilgan har qanday uyali telefon apparatlarida bu koeffitsiyent qiymati talab darajasiga mos kelmasligi qayd qilinadi.

Shuningdek, tashqi korpusi metallardan ishlangan «Nokia N8», «Samsung S8500» kabi rusumdagi telefonlarda SAR koeffitsiyent qiymati nisbatan yuqoriligi kuzatiladi.

Masalan, «Apple iPhone 4S» telefonida chiqish qo'ng'iroqlari vaqtida elektromagnit nurlanish qiymati 6 mkVt/sm^2 , kirish qo'ng'iroqlarini qabul qilish vaqtida 7 mkVt/sm^2 va so'zlashish vaqtida 3 mkVt/sm^2 ga teng hisoblanadi; «Nokia N8» telefonida esa – chiqish qo'ng'iroqlari vaqtida elektromagnit nurlanish qiymati 37 mkVt/sm^2 , kirish qo'ng'iroqlarini qabul qilish vaqtida 30 mkVt/sm^2 va so'zlashish vaqtida 8 mkVt/sm^2 ga teng hisoblanadi. Qayd qilish kerakki, Xitoyda ishlab chiqarilgan oddiy telefonlarda chiqish qo'ng'iroqlari vaqtida elektromagnit nurlanish qiymati o'rtacha $\sim 120 \text{ mkVt/sm}^2$, kirish qo'ng'iroqlarini qabul qilish vaqtida 40 mkVt/sm^2 va so'zlashish vaqtida 12 mkVt/sm^2 ga teng hisoblanadi.

Tadqiqotlarda eski rusumdagi telefonlarga nisbatan zamonaviy tipdagi uyali telefonlarda SAR koeffitsiyent qiymati pastligi, masalan, «Apple iPhone 6» rusumdagi uyali telefonlarda bu qiymat $1,6 \text{ Vt/kg}$ ga; «Samsung Galaxy S5» telefonida $1,28 \text{ Vt/kg}$ ga tengligi qayd qilinadi.

Ma'lumki, odam organizmida har bir organ ma'lum bir aniq chastota diapazonida normal funksiya bajaradi. Masalan, yurak $\sim 700 \text{ Gs}$, uyqu holatida miya $\sim 10 \text{ Gs}$, uyg'oq holatda $\sim 50 \text{ Gs}$ chastota diapazonida fiziologik me'yor darajasida ish bajaradi. Hozirgi vaqtda uyali telefonlar va telekommunikatsiya tarmoqlarida elektromagnit to'lqinlar chastotasi $900 \text{ MGs} - 1,8 \text{ GGs}$ dan $2,1 \text{ GGs}$ gacha diapazonni tashkil qiladi. Agar foydalaniluvchi texnologik manba, jumladan uyali aloqa vositalari hosil qiluvchi elektromagnit maydon chastotasi ushbu biologik chastota diapazoniga salbiy ta'sir ko'rsatuvchi qiymat spektriga ega bo'lsa, u holda odam organizmida jiddiy patologik oqibatlariga olib kelishi aniqlangan.

Amalga oshirilgan tajribalarda uyali telefonning elektromagnit maydoni xotira va diqqat jamlanishi jarayonlarni regulyatsiya qiluvchi bosh miya gippokamp sohasiga kuchli salbiy ta'sir ko'rsatishi, ruhiy bezovtalik holatini keltirib chiqarishi qayd qilin-

gan. Bolalarda miyaning morfo-funksional jihatdan o'ziga xos tuzilishiga bog'liq holatda, uyali telefon elektromagnit maydoni bosh miya po'stlog'i, gippokamp va gipotalamus, ko'rish sohasiga nisbatan kuchli ta'sir ko'rsatishi aniqlangan. Uyali telefon elektromagnit maydoni ta'sirida bolalarda aqliy rivojlanishdan orqada qolish, xotira yomonlashishi qayd qilinadi.

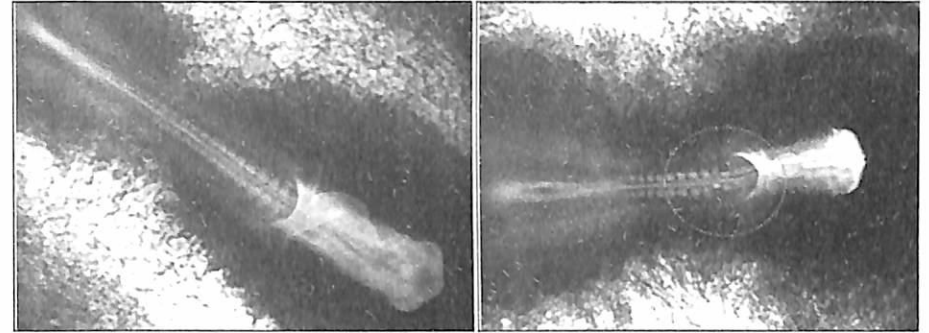
Odatda, uyali aloqa telefonidan 14 yoshdan keyin va kuniga o'rtacha 20 minut foydalanish tavsiya qilinadi. Amerika va ko'pgina Yevropa mamlakatlarida bolalarga uyali telefondan foydalanishga ruxsat etilmaydi. Shuningdek, uyali telefon elektromagnit nurlari o'sayotgan bola bosh miyasiga voyaga yetgan odamga nisbatan kuchli ta'sir ko'rsatishi aniqlangan.

IARC (*International Agency for Research on Cancer*) tomonidan qabul qilingan tasniflashga binoan, elektromagnit maydon, jumladan, uyali telefonlar hosil qiluvchi elektromagnit maydon miya o'sma kasalligini (*glioma*) keltirib chiqaruvchi omillar ro'yxati tarkibiga kiritilgan.

Uyali telefon qo'ng'irog'i vaqtida uning yaqiniga o'rnatilgan termodatchik qurilmasida harorat qiymati $\sim 5^\circ\text{C}$ ga ko'tarilishi qayd qilinadi. Ya'ni, uyali telefon bosh miyaga o'ziga xos «mikroto'lqinli pech» sifatida ta'sir ko'rsatadi. Uyali telefon elektromagnit maydoni bosh miya to'qimalariga $\sim 37,5 \text{ mm}$ gacha kirib borishi aniqlangan. Uyali telefonlar elektromagnit maydoni odam organizmida o'sma kasalliklari, asab tizimida yuz beruvchi patologik buzilishlar asosida xulq-atvor o'zgarishi, Parkinson va Alsgeymer kasalligini keltirib chiqarishi mumkinligi tasdiqlangan. Tajribalarda 1 Vt/sm^2 quvvatga ega bo'lgan, 1800 MGs chastotada ishlovchi uyali telefonlar ta'sirida odam organizmida eritrotsitlarda sezilarli morfo-funksional o'zgarishlar kelib chiqishi qayd qilingan. O'sma kasalliklarini o'rganish xalqaro agentligi uyali telefonini o'sma kasalliklarni keltirib chiqaruvchi 2 V sinfga kiritiluvchi moddalar va vositalar ro'yxati (jumladan, DDT, benzin, xloroform va boshqalar) tarkibiga qo'shish maqsadga muvofiq hisoblanishini qayd qilgan. Tajribalarga ko'ra, bedana (*Cotornix cotornix*) tuxumida «Motorola W320» rusumidagi ($\text{GSM } 850 \text{ MGs}$, SAR koeffitsiyenti $0,75 \text{ Vt/kg}$) uyali telefon elektromagnit maydoni

ta'sirida embrion rivojlanishida sezilarli morfologik deformatsion o'zgarishlar yuzaga kelishi aniqlangan.

Motorola W320, GSM 580 V Gts eleromagnet maydoni ta'siri



**Me'yoriy holatdagi bedana
embrioni**

(Coturnix coturnix)

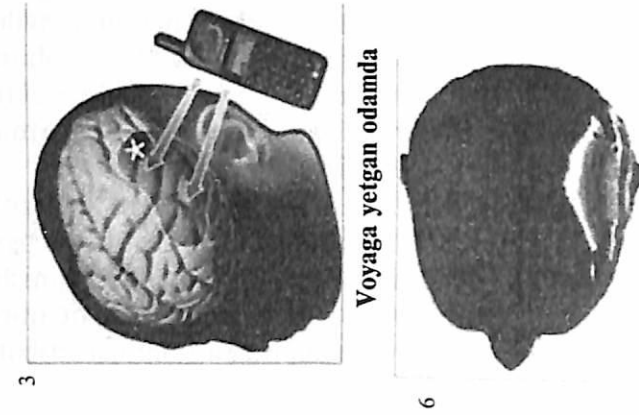
Hozirgi vaqtda «Winalite International» kabi ayrim kompaniyalar tomonidan uyali telefonlar elektromagnit maydonidan odam organizmini sezilarli darajada himoya qiluvchi WINGUARD kartalari ishlab chiqarilishi yo'lga qo'yilgan. Telefonga yopishtiriluvchi ushbu karta ~93,7%gacha elektromagnit maydon ta'sirini o'ziga yutishi va odam organizmiga salbiy ta'sirini keskin kamaytirishi qayd qilinadi.

- Uyali telefonni ko'krak sohasida, bel sohasiga yaqin olib yurmaslik tavsiya qilinadi;

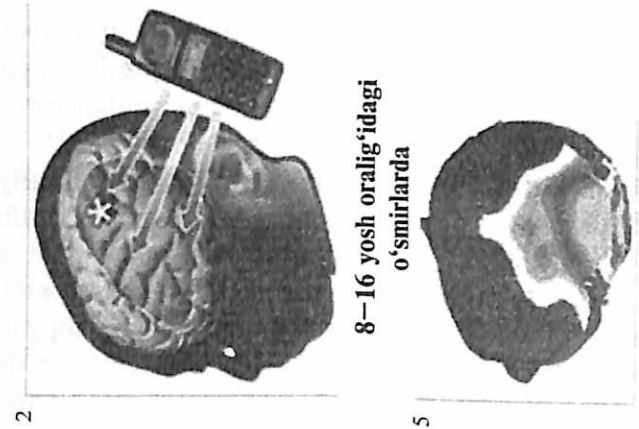
- Esda saqlash kerakki, uyali telefonlar va smartfonlarda elektromagnit nurlanish raqam terayotganda eng yuqori qiymatda bo'lishi va bu vaqtda uni quloqqa yaqinlashtirmaslik, ekranda abonent bilan aloqa bog'lanishi haqida axborot paydo bo'lishidan keyingina, quloqqa sohasiga yaqinlashtirish tavsiya qilinadi.

IARC tomonidan uyali telefonlar elektromagnit maydoni birinchi navbatda miya o'sma kasalliklarini keltirib chiqaruvchi omillar ro'yxati tarkibiga kiritilgan.

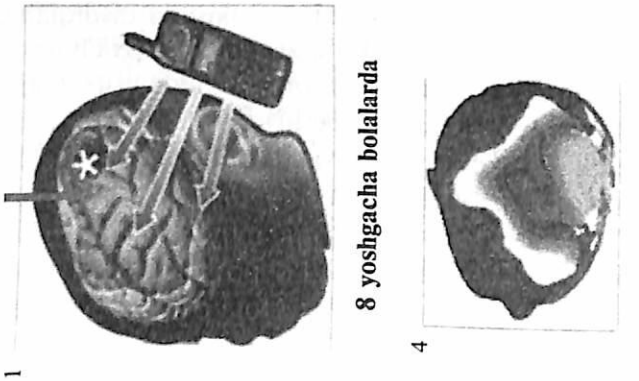
~5 soat ishlash davomida kompyuter monitori ta'sirida foydalanuvchi organizmida ~20 mkZv radiatsion nurlanish olishi, o'z navbatida, ushbu ko'rsatib o'tilgan davriylikda 10-20 hafta



Voyaga yetgan odamda



**8-16 yosh oralig'idagi
o'smirlarda**



8 yoshgacha bolalarda

davomida ishlashda odam organizmida 1 mZv atrofida radiatsion nurlanish qayd qilinadi.

Odatda, kompyuterda ishlash vaqti sutkada 6 soatdan ortmasligi belgilangan. Kompyuter tizim bloki 40–70 GGs dan yuqori qiymatdagi chastotada funktsiya bajarishi elektromagnit maydon ta'sirida nurlanish olish darajasini oshiradi.



Kompyuter nurlanish manbai sifatida

Zamonaviy suyuq kristalli kompyuter monitorida elektromagnit nurlanish ta'siri keskin kamaytirilsada, amalga oshirilgan tadqiqotlarda ko'pgina rusumdagi notebook tipidagi ixcham kompyuterlar monitorida sezilarli salbiy ta'sirga ega elektromagnit maydon hosil bo'lishi aniqlangan.

Kompyuterdan himoya vositalarisiz, uzoq vaqt davomida foydalanishda elektromagnit maydon ta'sirida odam organizmida ~60% holatda ko'rish organi kasalliklari, ~60% holatda yurak qon-tomir tizimi kasalliklari, ~40% holatda oshqozon-ichak tizimi kasalliklari, ~10% holatda dermatologik kasalliklar, turli xil o'sma kasalliklari kelib chiqish xavfi ehtimolligi darajasi ortishi aniqlangan. Shuningdek, kompyuterda ishlashda belgilangan vaqt me'yoriga amal qilmaslik ta'sirida odam organizmida bosh og'rig'i uyquning buzilishi, xotira susayishi, toliqish kabi salomatlik holatining pasayishi kuzatiladi. Ayniqsa, yosh bolalar va homilador ayollarda kompyuter elektromagnit maydonning salbiy ta'siri sezilarli darajada yuqori bo'lishi tasdiqlangan.

O'sma kasalliklarini o'rganish xalqaro agentligi (*IARC*) tomonidan hozirgi vaqtda keng ommalashgan, zamonaviy *Wi-Fi* tipidagi simsiz ulanish tarmoqlari elektromagnit maydoni odam organizmiga kantserogen ta'sir ko'rsatishi aniqlangan.

Statistik ma'lumotlarga ko'ra, dunyo miqyosida o'pka saratoni kasalligidan olamdan o'tuvchilarning ~90% qismi, surunkali bronxit kasalligi oqibatida olamdan o'tuvchilarning ~75% qismi va yurak ishemiya kasalligidan olamdan o'tuvchi bemorlarning ~25% qismi aynan, kashandalik oqibati hisoblanadi. Har ~10 sekund davomida dunyo miqyosida o'rtacha bitta kashanda hayotdan ko'z yumadi. 2020-yilga kelib, bu ko'rsatkich 3 sekundni tashkil qilishi taxmin qilingan.

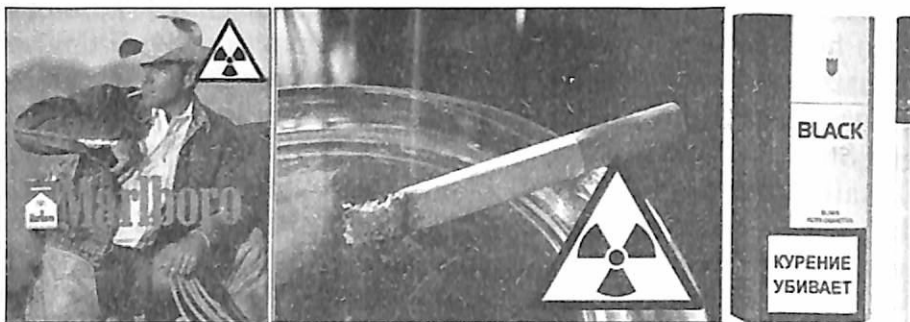
1953-yilda kashandalik saraton kasalligini keltirib chiqarishi aniqlangan va sigareta ishlab chiqaruvchi kompaniyalar mahsulotining sotilishi sezilarli darajada kamaygan. Vaziyatni o'z foydasiga hal qilish uchun, 1954-yilda AQSHda **Leo Byornet** tomonidan filtrlı «*Marllboro*» sigaretasini reklama qilish maqsadida erkinlikni hush ko'ruvchi, kashanda kovboy — «*Marllboro Man*» timsoli ishlab chiqiladi va «*Marllboro Cowboy*» 1999-yilga qadar butun dunyo miqyosida keng ommalashadi va kompaniya uchun kutilgan natijani beradi.

Biroq ushbu reklamada ishtirok etgan **Ueyn Maklaren, Devid Maklin, Dik Molot** va **Erik Louson** «*Marllboro Red*» sigareta kashandasiga aylangan va barchasi o'pka saratoni kasalligi oqibatida olamdan o'tgan.

Sigareta tutuni tarkibida $^{226}_{88}Ra$, $^{210}_{82}Pb$, $^{209}_{84}Po$ radioaktiv izotoplari mavjud bo'lib, radioaktiv parchalanish davomida rentgen va γ -nurlanishga nisbatan 20 marta xavfli hisoblangan α -zarrachalar hosil qilishi aniqlangan.

Odam o'pka alveolarining (~700 000 dona) kislorodni o'zlashtiruvchi yuza maydoni ~160 m^2 ni tashkil qiladi, shu sababli sigareta tutuni tarkibidagi radioaktiv izotoplarning ta'sir ko'rsatish maydoni ham keskin ortadi.

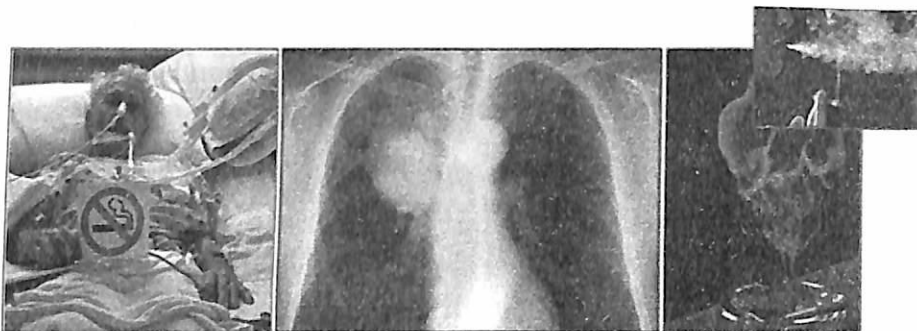
Kuniga ~30 dona sigaret chekuvchi ashaddiy kashandalar organizmi yiliga 250 *mikroZivert* radiatsion nurlanish olishi qayd



Tamaki zaharli moddalarga boy

qilinadi. Solishtirish uchun tasavvur qiling, dunyo miqyosida eng yirik radiatsion halokatlardan biri sifatida qayd qilingan «Chernobil fojiasi» ro'y bergan hududda o'suvchi 1 tup daraxtning barglari yiliga ~200 mikroZivert radiatsion nurlanish olishi hisoblab chiqilgan. Shuningdek, zamonaviy rentgen apparatida tashxis qo'yish davomida odam organizmi ~52 mikroZivert radiatsion nurlanish olishi qayd qilinadi. Atom elektr stansiyasi yaqinida yashovchi aholi yil davomida 0,0001 milliZivert radiatsion nurlanish olishi qayd qilingan.

Demak, siz chekayotgan har bir dona sigareta qo'shimcha radiatsion nurlanish manbai hisoblanadi va sigareta tarkibida o'pka saratoniga olib keluvchi (*kantserogen*) zararli moddalardan biri aynan radioaktiv izotoplar hisoblanadi.



Tamaki chekish oqibatlari

Tamaki o'stirilishida foydalaniluvchi mineral o'g'itlar tarkibida $^{226}_{88}Ra$, $^{210}_{82}Pb$, $^{209}_{84}Po$ radioaktiv izotoplari mavjud bo'lib, bevosita o'simlik tomonidan o'zlashtiriladi va yakuniy holatda, sigareta tutuni tarkibida odam organizmiga so'riladi.

Sigareta tutuni tarkibida 6000 dan ortiq turli xil kimyoviy moddalar mavjud bo'lib, 30 dan ortig'i odam organizmiga kuchli zararli ta'sirga ega hisoblanadi.

Ayniqsa, sigareta tutuni tarkibida mavjud bo'lgan radioaktiv izotoplar ta'sirida odam organizmida mutatsiyalar yuzaga kelish ehtimolligi yuqoriligi qayd qilingan.

Bir dona sigareta tutuni odam organizmi to'qima hujayralarida ~100 000 ta mutatsiyani keltirib chiqarish kuchiga ega hisoblanadi!

Sigareta tutuni tarkibidagi radioaktiv $^{209}_{84}Po$ izotopi saraton kasalligini keltirib chiqaruvchi asosiy izotop hisoblanadi.

Qishloq xo'jaligi oziq-ovqat mahsulotlari tarkibida asosan — $^{137}_{55}Cs$, va $^{90}_{38}Sr$ radioaktiv izotoplari yig'ilishi aniqlangan. Bu radionuklidlar tuproq qatlami tarkibidan o'tishi hisobiga, minimal miqdorda donli ekinlar, ildizmeva va tugunaklarda yig'ilishi va maksimal miqdorda makkajo'xori, dukakli o'simliklar tarkibida yig'ilishi qayd qilingan.

Qishloq xo'jaligi parrandalari va chorva mollarining go'sht, sut va tuxum mahsulotlari tarkibida radionuklidlarning to'planishi radioaktiv izotoplarning fizik-kimyoviy xossalari, biologik organizmlarning yoshi, ularning fiziologik holatiga bog'liq. Jumladan, chorva mollari tanasida $^{137}_{55}Cs$ izotopi asosan muskul to'qimasida,

$^{90}_{38}Sr$ izotopi esasuyaklar tarkibida to'planishi aniqlangan. Hayvon organizmi yoshi ortib borishi bilan radioaktiv izotoplarning organizmdan chiqib ketish qiymati pasayib boradi. Parranda tuxumi tarkibida radionuklidlar asosan tuxum po'chog'i tarkibida va kam miqdorda tuxumning sariqlik qismida to'planishi aniqlangan.

Oziq-ovqat mahsulotlari tarkibidagi radioaktiv $^{90}_{38}\text{Sr}$ va $^{137}_{55}\text{Cs}$ izotoplarini o'lashda maxsus ishlab chiqilgan ko'rsatmalar asosida, stsintillyatsion va yarim o'tkazgichli spektrometr qurilmalaridan foydalanish tavsiya qilinadi.

Braziliya yong'og'i tarkibida $^{40}_{19}\text{K}$, $^{226}_{88}\text{Ra}$, $^{228}_{88}\text{Ra}$ radioaktiv izotoplari mavjudligi aniqlangan bo'lib, mahsulotning har 1 kg miqdori tarkibida radiatsion nurlanish doza qiymati $\sim 12\ 000$ pikoKyo'rini tashkil qilishi qayd qilingan.

Nazorat uchun savollar!

1. Chegaraviy ruxsat etilgan doza nima?
2. Samolyotda radiatsion nurlanish olish qiymatini tushuntirib bering.
3. Televizor ekrani ta'sirida radiatsion nurlanish dozasi qanday?
4. Uyali aloqa stansiyalari antennalari ta'siridagi elektromagnit nurlanish olish xavfi qanday?
5. Uyali aloqa telefoni ta'siridagi elektromagnit nurlanishga tavsif bering.
6. Kompyuter monitori ta'siridagi elektromagnit nurlanishga tavsif bering.
7. Kashandalik va radiatsion nurlanish xavfi o'rtasidagi bog'liqlikni tushintiring.

Test savollari

1. Kompyuterda ishlash vaqti sutkada necha soatdan ortmasligi belgilangan?
A. 5.
B. 4.
C. 3.
D. 6.
2. γ -nurlanish to'lqin uzunligi qaysi elektromagnit nurlanish diapazonini qamrab oladi.
A. 5×10^{-2} nm dan kichik.
B. 9×10^{-3} nm dan kichik.
C. 5×10^{-3} nm dan kichik.
D. 5×10^{-4} nm dan kichik.
3. Uyali telefon operator stansiya antennasi qanday chastota diapazonidagi elektromagnit maydon hosil qiladi?
A. 983–4780 MGs.
B. 463–1880 MGs.

C. 321–9877 MGs.

D. 156–5678 MGs.

4. Qaysi telefonlarda elektromagnit nurlanish qiymati eng yuqori?

A. Xitoyda ishlab chiqarilgan oddiy telefonlarda.

B. Apple iPhone 6.

C. Samsung Galaxy S5.

D. Motorola W320.

5. Uyali aloqa telefonidan necha yoshdan keyin foydalanish tavsiya qilinadi?

A. 10 yoshdan keyin.

B. 12 yoshdan keyin.

C. 18 yoshdan keyin.

D. 14 yoshdan keyin.

6. Nechanchi yilda D.F. Reshetilo (Rossiya) tomonidan rentgen nurlaridan tibbiyot amaliyotida diagnostika maqsadlarida foydalanish davomida maxsus ko'zoynak, himoya fartugi va ekranlaridan foydalanish zarurligi qayd qilingan?

A. 1902-yilda.

B. 1903-yilda.

C. 1904-yilda.

D. 1906-yilda.

7. Nechanchi yilda Rossiyada ishchi-xodimlarning kasbiy faoliyati bilan bog'liq radiatsion nurlanish olish xavfidan himoyalash bo'yicha dastlabki qoidalar ishlab chiqilishi haqidagi fikri ilgari surilgan?

A. 1910-yilda.

B. 1912-yilda.

C. 1914-yilda.

D. 1916-yilda.

8. Belgilangan radiatsion xavfsizlik me'yorlariga binoan, sanoat miqyosida ishlab chiqarish sharoitida ishchi-xodimlarning tabiiy radioaktiv manbalar ta'sirida nurlanish dozasi qancha qiymatdan oshmasligi talab qilinadi?

A. ~ 2 mZv/yil.

B. ~ 5 mZv/yil.

C. ~ 7 mZv/yil.

D. ~ 10 mZv/yil.

9. Kompyuter monitoridan 5 sm uzoqlik masofasida rentgen nurlanishining ekspozitsion doza qiymati qanchadan oshmasligi belgilangan?

A. 0,1 mkZv/soat (100 mkR/soat).

B. 0,2 mkZv/soat (200 mkR/soat).

C. 0,3 mkZv/soat (300 mkR/soat).

D. 0,4 mkZv/soat (400 mkR/soat).

10. Tibbiy rentgenologik diagnostika maqsadlarida amalga oshiriluvchi tekshirishlarda samarali nurlanish dozasi qiymati qanchadan oshmasligi talab qilinadi?

A. ~4 mZv/yil.

B. ~3 mZv/yil.

C. ~2 mZv/yil.

D. ~1 mZv/yil.

11. Radiatsion nurlanish xavfsizligi me'yorlariga ko'ra, 200 mkR/s radiatsion nurlanish sharoitida haftasiga necha soat davomida mehnat faoliyati bilan shug'ullanish belgilangan?

A. 20 soat.

B. 30 soat.

C. 40 soat.

D. 50 soat.

Mavzu: Radiatsiya va hayot. Radioaktivlik va rentgen nurlarning kashf etilish tarixi. Radiatsiyaning tabiiy manbalari. Yer radiatsiyasi. Yadroviy portlashlar

Reja:

1. Radiatsiya va hayot. Radiobiologiya fani va uning rivojlanish bosqichlari.
2. Rentgen nurlarning ochilishi.
3. Radiatsiyaning tabiiy manbalari. Radon, Yer radiatsiyasi, Yer tagidagi manbalar.
4. Insoniyat tomonidan yaratilgan manbalar. Tibbiyotda foydalaniladigan manbalar.

Tayanch so'zlar: radiobiologiya, radiatsion biofizika, ionlovchi nurlar, korpuskula, kvant nurlar, radioaktiv parchalanish, aktivlik, fizikaviy, kimyoviy, radiatsion genetika, tabiiy radioaktivlik, izotop.

Radiobiologiya ionlantiruvchi nurlarning organizm va uning populyatsiyasiga ko'rsatadigan ta'sirini tekshiruvchi ilm sohasi bo'lib, uning maqsadi organizmda ionlovchi radiatsiya ta'sirida sodir bo'ladigan o'zgarishlar va o'sha o'zgarishlar asosida mexanizmlar hamda qonuniyatlarni ochib, organizmni ionlovchi radiatsiyaning zararli, hatto halokatli ta'siridan himoya qilish yo'llarini ishlab chiqishdan iborat.

Radiobiologiya eksperimental fan bo'lib, u tadqiqot natijalarining miqdoriy ifodalanishini talab qiladi.

Radiobiologiyaning o'ziga xosligi hujayradagi har qanday molekula va strukturalar bilan sof statistik prinsip asosida ta'sirlashuvchi radiatsion omilning o'zigagina xosligidan kelib chiqib, tadqiqotlarning molekulyar darajasidan tortib, populyatsiyagacha bo'lgan barcha tabaqalarda o'tkazilishini zaruriyat qilib qo'yadi.

Radiobiologiyaning qayd etib o'tilgan o'ziga xosliklari, uni ilm sohasi sifatida o'rganish uchun zarur bo'lgan yondashishlar xarakterini belgilaydi. U radiatsion omilning fizikaviy tabiati bilan shartlanadigan, nurlanish ta'sirining xilma-xil namoyonliklari ichidan, har bir holatda ko'rilayotgan reaksiyaning oqibati uchun ma'sul kritik zvenoni ajratishga intilishdan iborat bo'lishi lozim.

Radiobiologiya u yoki bu darajada biologiyaning barcha sohalari bilan aloqada bo'lib, bunday hol uning tekshirish obyektlari xarakteri bilan taqazo etiladi. Uning tadqiqot obyektlari: makromolekulalar, viruslar, faglar, sodda va ko'p hujayrali organizmlar, to'qima va organlar kulturasi, o'simlik, hayvon va odam organizmi hamda biotsenozlardir.

Radiobiologiya fani XIX asrning oxiri va XX asr boshida shakllangan va ma'lum bir rivojlanish bosqichida uning tarkibidan **radiobiofizika** yo'nalishi alohida fan sohasi sifatida ajralib chiqqan. Radiobiologiya va radiobiofizikaning rivojlanish tarixi quyidagi bosqichlarda ajratiladi:

I bosqich — 1890—1922-yillarga to'g'ri keladi va bu davrda — ya'ni, 1895-yilda **Vilgelm Konrad Rentgen** (Germaniya) tomonidan rentgen nurlanishi aniqlangan, 1896-yilda **A. Bekkerel** tomonidan uran ($^{238}_{92}U$) elementining radioaktivlik xossasi (α -, β - va γ -nurlanish) aniqlangan va bu kashfiyot *tabiiy radioaktivlik* hodisasi o'rganilishining boshlanishi hisoblanadi. Shuningdek, bu bosqichda radiatsion nurlanishning biologik organizmga ta'siri bo'yicha dastlabki ma'lumotlar to'plangan. 1898-yilda **Pier Kyuri** (1859—1906) va **Mariya Sklodovsqaya-Kyuri** (1867—1934) radioaktiv — $^{226}_{88}Rd$ va $^{209}_{84}Po$ elementlarini kashf qilishgan.

Radiobiologiya fani rivojlanishining ushbu bosqichida **I.P. Puilyuy, I.R. Tarxanov, E.S. London, L. Xalbershtadter, J. Osgoud, P. Broun, G.E. Albers-Shonberg, G. Xeyneke, J. Bergone, L. Tribondo** kabi olimlar radiatsion nurlanishni tavsiflash va uning biologik organizmlarga ta'sirini o'rganish yo'nalishida eksperimental tadqiqotlar olib borishgan. Radiobiologiya fan sohasi shakllanishining boshlanishi sifatida 1896-yilda fiziolog **Ivan Romanovich Tarxanov** (Rossiya) tomonidan rentgen nurlanishining baqa va hasharotlar organizmiga ta'sirini o'rganish bo'yicha dastlabki tadqiqotlar amalga oshiriladi va bu nurlanish to'rtining nafaqat ichki organlarni fototasvirga olishda muhim o'rin tutishi, balki tirik organizmlarda hayotiy funksiyalarga ham sezilarli ta'sir ko'rsatishi taxmin qilinadi.

II bosqich — (1922—1945-yillar) bu davrda radiatsion nurlanishning biologik ta'sirini tavsiflash, ionlashtiruvchi nurlanishning mo'tagen ta'sirini o'rganishning davom ettirilishi, **radiatsion genetika** sohasining rivojlanishi, radiatsion nurlanishning moddaga yutilishini miqdoriy tavsiflash ishlab chiqilgan. Bu yo'nalishda **F. Dessauer, L. Grey, N.V. Timofeyev-Resovskiy, A.M. Kuzin, D.E. Li, B.N. Tarusov, N.M. Emanuel, K. Simmer, G.A. Nadson, G.S. Filippov, G. Myoller, L. Stadler** kabi olimlar tadqiqot olib borishgan. Shuningdek, bu bosqichda 1934-yilda **Iren Kyuri va Frederik Jolio-Kyuri** tomonidan yadro reaksiyasi davomida $^{30}_{15}P$ izotopi aniqlanishi esa *su'niy radioaktivlik* hodisasining o'rganilishini belgilab beradi.

III bosqich — (1945-yildan 1986-yilgacha) — ya'ni, 1945-yilda «*Xirosima — Nagasaki*» fojiasidan keyingi davr, bu davr radiatsion nurlanishning biologik ta'sirlarini aniqlash va unga qarshi kurash vositalarini ishlab chiqish davri hisoblanadi. Bu bosqichda radiatsion nurlanishning barcha tuzilish darajalaridagi biologik tizimlarga ta'sirlari o'rganilgan, radiatsion nurlanishga qarshi usullar ishlab chiqilgan, tibbiyot amaliyotida radiatsion diagnostika va radiatsion terapiya usullari joriy qilingan.

IV bosqich — radiatsion nurlanishning ta'sirini o'rganish yo'nalishidagi zamonaviy davr (1986-yilda Chernobil fojiasi yuz berganidan keyingi davr). 1986-yilda Chernobil AES halokatidan keyin, radiatsion nurlanishning biologik obyektlarga ta'sirlarini sifat va miqdoriy jihatdan o'rganish, radiatsion manbalardan foydalanish bo'yicha qat'iy qoida va tartiblarning ishlab chiqilishi bo'yicha tadqiqotlarning yangi davri boshlangan.

Shuningdek, radiobiologiyaning rivojlanishida atom yadrosining tuzilishini o'rganish bo'yicha qo'lga kiritilgan yutuqlar muhim ahamiyatga ega hisoblanadi. XIX asr o'rtalarigacha atom tarkibiy qismlarga ajralmaydigan zarracha deb hisoblangan.

1896-yilda **A. Bekkerel** tomonidan radioaktivlik hodisasi aniqlanganidan keyin, 1897-yilda **J. Tompson** (Angliya) tomonidan atom tarkibida manfiy zaryadlangan zarrachalar — *elektronlar* (e^-) mavjudligi qayd qilinadi.

«Radiatsion fojialar» tarixi. Radiobiologiya va radiobiofizikaning rivojlanishida radiatsion nurlanishning fizik xossalari va biologik ta'sirlarini o'rganish yo'nalishida amalga oshirilgan ilmiy tadqiqotlar va radiatsion nurlanish manbalaridan foydalanish, saqlash, tashish bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqilishiga radiatsion fojialar sezilarli darajada turtki bergan.

Radiatsion nurlanish kashf qilinishining dastlabki davrlari ushbu nurlanish to'ring o'limga olib keluvchi darajada salbiy ta'sirga egaligi haqida batafsil ma'lumotlarga ega bo'lmaslik oqibatida ko'plab achinarli yo'qotishlarga yo'l qo'yilgan.

«Nyu-Jersi» fojiasi. 1902-yilda $^{226}_{88}\text{Ra}$ radioaktiv izotopidan nur tarqatuvchi bo'yoqlar ishlab chiqaruvchi texnologiya ishlab chiqilgan. 1905-yildan boshlab, ushbu radioaktiv bo'yoqlardan, hatto, yangi yil archasini bezatishda ishlatiluvchi o'yinchoqlar ishlab chiqarilishida ham foydalanila boshlangan.

1920-yilda Amerikaning «US Radium» kompaniyasi tomonidan konveyer usulida $^{226}_{88}\text{Ra}$ radioaktiv izotopi asosida radiatsion bo'yoq ishlab chiqarish yo'lga qo'yilgan va o'z-o'zidan nur tarqatuvchi bu bo'yoq «Undark» (*qorong'i emas*) deb nomlangan. Dastlab, harbiy qurollarning nishonga olish qismi ushbu bo'yoq bilan bo'yalgan, keyinchalik uylardan xonadonlarning tartib raqami, bolalar o'yinchoqlari, soatlar va boshqa ko'plab maishiy turmushda ishlatiluvchi buyumlarni bo'yashda foydalanilgan.

1910-yilda stryelka va raqamlari qorong'uda nur sochuvchi soatlar (Patria, Lancet) ishlab chiqilgan. Ushbu turdagi soatlarni ishlab chiqaruvchi kompaniyalarda soatlarga radioaktiv bo'yoq bilan qo'lda (*hech qanday himoya vositalarisiz!*) ishlov berilgan.

Bu soatlarning ayrim rusumlarida radiatsion nurlanish dozasi ~1600 mkr/s hisoblangan. 1930–1940-yillarda ishlab chiqarilgan ushbu turdagi ayrim soatlarda (masalan, Laco-Durowe) radiatsion nurlanish dozasi qiymati 10000 mkr/s tashkil qilgan. Jumladan, qimmatbaho LACO-Durowe FL 23883 Beobachtungsuhr soatida radiatsion nurlanish dozasi qiymati 8000–10000 mkr/soatga tengligi qayd qilingan!

«Nagasaki – Xirosima» fojiasi. 06.06.1945-yilda AQSH harbiy havo kuchlariga qarashli, V-29 «Enola Gay» bombardimonchi samolyoti yordamida P. Tibbets va T. Ferebi tomonidan Xirosima shahriga (Yaponiya) konstruksiyasi tarkibida 64 kg uran izotopiga ega «Kichkintoy» (*Little Boy*) deb nomlangan atom bombasi tashlangan va Yer yuzasidan 576–600 metr balandlikda, 1,6 km radiusda 13000–18000 tonna trotil ekvivalentida portlash yuz bergan. Oqibatda 74000 dan ortiq kishi hayotdan ko'z yumgan, 60000 dan ortiq odam radiatsion nurlanish kasalligiga uchragan, Xirosima shahrida joylashgan deyarli 90% bino va inshootlar (~51000 ta obyekt) vayron qilingan, 1,5-yil davomida ~140 000 kishi olamdan o'tgan.

«Nagasaki – Xirosima» fojiasi insoniyat tarixida ilm-fan yutuqlaridan birining halokatli oqibati sifatida muhirlangan.

Chelyabinsk fojiasi. 29.09.1957-yilda Chelyabinsk viloyatida (Rossiya) «Mayak» yadro yoqilg'isi chiqindilarini qayta ishlash va saqlash kimyo kombinatida portlash yuz bergan va oqibatda, ~20 000 000 Kyuri qiymatida radiatsion nurlanish tashqi atrof-muhitga tarqalgan («Kishtim halokati») va bu hududda istiqomat qiluvchi 124 000 dar ortiq aholi radiatsion nurlanish xavfi ostida qolgan.

«Sellafield» fojiasi. 10.1957-yilda Uindskeyle hududida (Angliya) joylashgan Sellafield atom kompleksida ro'y bergan halokat 5-darajali shkala asosida baholangan. Sellafield (*Sellafield*) atom majmusi Irlandiya daryosi qirg'og'ida, Seascale shahri yaqinida joylashgan bo'lib, 1951-yilda ishga tushirilgan. 10.1957-yilda yadro reaktorida yuz bergan halokat natijasida atrof-muhitga ~20 000 Kyuri radiatsiya tarqalgan.

«SL-1» fojiasi. «SL-1» yadro reaktori AQSHning Aydaxo shtati hududida, Aydaxo-Follz shahridan 65 km uzoqlikda, cho'l hududida joylashgan bo'lib, 1961-yilda yadro reaktorida xavfsizlik texnikasi qoidalari buzilishi sababli, portlash yuz bergan va natijada 3 kishi vafot etgan, atrof-muhitga katta miqdorda radiatsion nurlanish manbasi tarqalgan.

«SL-1» fojiasi dunyo miqyosida atom reaktorlarining nisbatan takomillashgan tizimi ishlab chiqilishiga sabab bo'lgan.

«*Yaslovske-Boxunitse*» fojiasi. 22.02.1976-yilda sobiq Chexoslovakiya hududida joylashgan «Yaslovske-Boxunitse» atom stansiyasida yuz bergan halokat Xalqaro shkala (*INES*) bo'yicha 4-daraja bilan baholangan.

«*Three Mile Island*» fojiasi. 28.03.1979-yilda AQSHning Pensilvaniya shtatida joylashgan «TriMaylAylend» (*Three Mile Island*) atom elektr stansiyasida 5-darajadagi halokat yuz bergan (*Three Mile Island accident*). Halokat yadro reaktorida sovitish tizimi ishdan chiqishi natijasida yuz bergan, oqibatda esa atmosferaga ~2500 000–15 000 000 *Kyuri* radiatsiya tarqalgan. 1979–1993-yillar davomida ushbu halokatni bartaraf qilish maqsadida 975 000 000 AQSH dollari miqdorida mablag' sarflangan.

«*Kramatorsk*» fojiasi. 1980-yilda Ukraina hududida joylashgan Karansk qurilish materiallari qazib olish hududida tarkibida sezilarli miqdorda radioaktiv izotop mavjud bo'lgan kapsula yo'qolgan. 1989-yilda bu kapsula Kramatorsk shahrida 1980-yilda qurilgan uylardan birining beton qorishmasidan tayyorlangan devorlari orasidan topilgan. Qayd qilinishicha, ushbu xonadonda istiqomat qilgan oila a'zolari (4 ta bolakay va 2 kishi) radiatsion nurlanish kasalligi oqibatida vafot etgan. 17 kishi kuchli radiatsiya ta'sirida bir umrga nogironga aylangan.

«*Goyaniya*» fojiasi. 1987-yilda Braziliyada (Goyaniya sh.) joylashgan radioterapiya qurilmasidan $^{137}_{55}\text{Cs}$ izotopi mavjud tarkibiy qism o'g'irlangan va ahlatxona qutisiga tashlangan, ushbu hududda istiqomat qiluvchi kishilardan biri bu joydan ko'kimtir nur tarqatuvchi kukunga qiziqib, yig'ib uyiga olib ketgan va uni qarindoshlariga tarqatgan, oqibatda hududda 5-darajadagi radiatsion nurlanish tarqalishi qayd qilingan. 2 haftadan keyin radioaktiv izotop qoldiqlari yig'ib olinib, shahar tashqarisiga ko'mib tashlangan.

Goyaniya fojiasi oqibatida 245 kishi radiatsion nurlanish olgan va ulardan 4 kishi kuchli nurlanish oqibatida olamdan o'tgan.

Goyaniya shahrida ro'y bergan ushbu hodisa ta'sirida MAGATE tomonidan tibbiy va boshqa amaliy maqsadlarda

foydalaniluvchi radioaktiv manbalardan foydalanish bo'yicha qat'iy talab va qoidalar ishlab chiqilgan.

«*Toqaymura*» fojiasi. 30.09.1999-yilda Yaponiyaning Xonsyu oroli Ibaraka prefekturasi hududida joylashgan atom elektr stansiyalarida radioaktiv yoqilg'i sifatida foydalaniluvchi $^{235}_{92}\text{U}$ izotopi tarkibini boyitishga ixtisoslashtirilgan «*Toqaymura*» radiokimyo zavodida $^{235}_{92}\text{U}$ izotopi tarkibini 5%dan 18,8%gacha boyitish bo'yicha sinov amaliyoti o'tkazilishi davomida INES shkalasi bo'yicha 4-darajali halokat yuz bergan. Natijada zavod hududida y-nurlanish doza qiymati ruxsat etilgan qiymatdan ~1000 martaga ortishi, 667 kishi radiatsion nurlanish olganligi qayd qilingan.

«*Mihama*» fojiasi. 09.08.2004-yilda Yaponiyaning Xonsyu oroli Fukui prefekturasida joylashgan «*Mihama*» atom elektr stansiyasida 826 *MVt* quvvatga ega bo'lgan energiya blokida bug' generatorining ishdan chiqishi sababli halokat yuz bergan va +150...+200°C haroratda bug' oqimi ta'sirida 4 kishi olamdan o'tgan, 18 kishi turli xil darajada jarohatlangan.

«*Fukushima*» fojiasi. 11.03.2011-yil Yaponiyada (Xonsyu oroli) yuz bergan Rixter shkalasi bo'yicha 8,9 ball zilzila ta'sirida Fukushima hududida joylashgan «*Fukushima Dai-ichi*» atom elektr stansiyasida (AES) halokat yuz bergan. Yaponiya yadro va ishlab chiqarish xavfsizligi agentligi (*NISA, Nuclear and Industrial Safety Agency*) ma'lumotlariga ko'ra, AES yadro reaktorlari joylashgan hududda radiatsion nurlanish dozasi ruxsat etilgan qiymatga nisbatan ~700–1000 martagacha ortganligi qayd qilingan (halokat yuz bergan vaqtda 1015 *mkZv/soat*).

Rentgen nurlanishi – 10^{-5} –80 nm to'liq uzunligi diapazonidagi elektromagnit nurlanish spektri hisoblanadi.

08.11.1895-yilda germaniyalik fizik, Vursburg universiteti professori **Vilgelm Konrad Rentgen** kechqurun uyga qaytishdan oldin, tajriba laboratoriyasida elektr chirog'ini o'chiradi va qorong'ulikda o'chirishni unutib qoldirgan katod trubkasidan chiqayotgan noma'lum nurlanishga (*X – rays, X – nurlanish*) ko'zi tushadi va tasodifiy holatda rentgen nurlanishini kashf qiladi. V. Rentgen qo'lining suyaklari tasviri fotoplastinkaga tushib

qolganligini qayd qiladi va 28.12.1895-yilda *X – nurlanish* haqidagi tadqiqotlari natijasini ilmiy maqola shaklida e'lon qiladi.

Inson faoliyatining salbiy tomonlaridan biri atrof-muhitning, radioekologiya holatining buzilishi sanaladi. Ekotizimlarning radioaktiv (lot. *radiare* – nur taratish, nurlanish) moddalar bilan zararlanishini yashash muhitining alohida organizmlar kabi, populyatsiyalar va ularning hamjamiyatlariga ham ta'sir qila oladigan yangi abiotik omil sifatida baholash mumkin.

Ionlovchi nurlar mo'tagen va evolyutsion omil sanaladi, shu sababli hayotning barcha ko'rinishlariga ularning ta'siri masalasi hozirgi zamon tabiatshunosligi muammolari o'rtasida muhim o'rin tutadi. Ionlovchi nurlanishlar o'tgan asrning 30-yillaridayoq muhim ekologik omil sifatida e'tirof etilgan. Biroq radiobiologik tadqiqotlarning rivojlanishi 50-yillarga to'g'ri keladi. Bu davrda antropogen faoliyat (birinchi navbatda, yadro sinovlari) tabiiy radiatsiya fonining o'zgarishiga olib keldi.

Radioaktiv stronsiy va seziiy odam organizmiga asosan sut va sut mahsulotlari, ba'zida o'simlik ozuqalari orqali atigi 10% suv bilan birga tushadi. Kalsiyga boy ozuqa stronsiyning tushishini kamaytiradi, kalsiy kamayishi esa stronsiy akkumulyatsiyasiga (to'planishiga) olib keladi.

Stronsiy va seziiy radionuklidlari vegetativ organlarda, ba'zan urug'larda yaxshi to'planadi, boshqa nuklidlarni (*Zr, Ru* va b.) o'simliklar nisbatan kam yutadi va yer ostiga juda kam miqdorda qabul qiladi. Qiyin eruvchan birikmalar ko'rinishidagi radionuklidlar o'simliklar tomonidan to'planadi, aksincha, yaxshi eriydigan birikma moddalar biologik aylanmaga kiradi.

Organizmlarning radionuklidlarni to'plash qobiliyati konsentratsiyalash koeffitsiyentida ifodalanadi.

10-jadval

Chuchuk suvda yashovchi organizmlar uchun ayrim radionuklidlar konsentratsiya koeffitsiyentlari

Element	C	P	Cs	Sr	Zn	Fe
O'simliklar	10	1400	500	530	7240	680
Hayvonlar	10	2500	250	760	830	550

Yerda (quruqlikda) yashovchi organizmlarda ularning o'lchami ortgani sari konsentratsiya koeffitsiyenti kamayish qonuniyati kuzatiladi.

Quruqlikdagi o'simliklar radionuklidlarni ozuqa eritmasiga nisbatan 10–10 konsentratsiya koeffitsiyenti bilan to'playdi.

Suv o'tlarida bu koeffitsiyent 7×10^{-10} ga teng; suv hayvonlari radionuklidlarni yanada ko'p to'playdi. Masalan, ustritsalar uchun Zn **Kkons** 2×10 ga teng. Umuman, suv hayvonlari uchun konsentratsiya koeffitsiyenti quruqlik hayvonlarinikidan yuqori.

Organizmga to'plangan radionuklid aktivligi ikki marta kamayadigan davr (radionuklidning o'zi parchalanishini hisobga olmaganda) **biologik yarim yemirilish** (*Tb*) davri deb yuritiladi. Organizm o'zida to'plangan radionuklidning yarmini chiqarishi va radionuklid parchalanishi davri yarim yemirilish effektiv davri deb yuritiladi.

Tabiiy radiatsiya foni. Tabiiy radiatsiyani Yerga koinotdan tushadigan nurlar (koinot radiatsiyasi), tuproq jinslari, qurilish materiallari va oziq-ovqatlar tarkibida mavjud radioaktiv elementlar (Yer radiatsiyasi) tashkil etadi.

Radiatsiyaning tabiiy manbalari odamga ichki va tashqi yo'llar bilan ta'sir eta oladi. Tashqi manbalar orasida koinot radiatsiyasi va tuproq hamda qurilish materiallaridagi radiatsiya alohida o'rin tutadi. Ichki manbalardan havo, suv, oziq-ovqat mahsulotlari e'tiborga molik.

Koinot radiatsiyasi ikki xil: galaktika va Quyosh radiatsiyasidan iborat. Yerga yetib keladigan koinot nurlari yadro zarralar oqimi bo'lib, birlamchi kosmik nurlanish sanaladi. $U\alpha$ -protonlar, boshqa atom yadrolarini o'z ichiga oladi.

Yuqori quvvatli (**10 ning 21 darajasigacha eV**) galaktik nurlar Quyosh sistemasidan tashqaridagi o'rtacha quvvatli (**≤ 10 ning 10 darajasi**) quyosh faolligi bilan bog'liq kosmik nurlar farqlanadi. Kosmik zarralarning atmosfera atomlari bilan o'zaro ta'siridan radionuklidlar hosil qiladigan ikkilamchi kosmik nurlanish yuzaga keladi.

Quyosh radiatsiyasi – Quyoshning elektromagnit va korpuskulyar nurlari. Portlash vaqtida Quyosh ko'rinadigan, infraqizil,

ultrabinafsha va rentgen spektridagi nurlar taratadi. Har bir portlash odamga ta'sir etadi. Ayniqsa, magnit maydoni silkinishlari bemor odamlarga kuchli ta'sir ko'rsatadi.

A.L. Chijevskiy Quyosh faolligining tirik organizmlarga ta'sirini o'rganib, Quyosh faoligi o'zgarishi bilan quruqlikdagi organizmlar reaksiyasi xarakteri o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlagan.

Kosmik nurlanishga reaktiv samolyot uchuvchi va yo'lovchilari duch keladi. Masalan, AQSH dan Yevropaga transatlantik parvoz $-0,05 mZv$ dozali kosmik nurlanishning organizmga qo'shimcha ta'siri bilan kechadi.

Yer radiatsiyasi manbalari odam tabiiy radiatsiya hisobiga duch keladigan nurlanishning katta qismini tashkil qiladi. Aholi oladigan yillik o'rtacha nurlanishning 5/6 qismi ular zimmasiga to'g'ri keladi. Tarkibida radioaktiv elementlar bo'lgan, sayyoramiz shakllanish va rivojlanish davrida yuzaga kelgan tog' jinslari atrof-muhitdagi tabiiy radioaktiv moddalarning asosiy manbasi sanaladi.

O'simliklarning radioaktiv moddalarni to'plashiga qator omillar ta'sir etadi. Mayda dispersiyali tuproqda ularni o'zlashtirish yirik dispersiyali tuproqdagidan kamroq intensivlik bilan kechadi. Tuproqqa ozuqa moddalari kiritilganda, o'simliklarga radionuklidlar kirishi kamayadi, qolaversa, nam tuproqda to'planish koeffitsiyenti quruq tuproqdagidan kamroq bo'ladi.

Yaratadigan aktivlik kattaligiga ko'ra radioizotoplar orasida kaliy izotopi asosiy o'rin tutadi. U organizmning hayot faoliyati uchun zurrur bo'lgan kaliy noradioaktiv izotoplari bilan birga o'zlashtiriladi. Oshqozon-ichak trakti orqali tushganda radioaktiv kaliy odamning nurlanishiga katta hissa qo'shadi. Katta yoshli 70 kg vaznli odam organizmida kaliy miqdori 130 gr (0,19%) ni tashkil qiladi. Ayniqsa, skelet muskulatura, nerv to'qimalari, yurak, jigar va o't qopi kaliyga boy sanaladi.

Radiy asosan suyak to'qimalarida to'planadi. Qo'rg'oshinning asosiy qismi skeletda jamlangan. Odam o'pkasiga sutkasiga havo bilan 0,0007 Bk Rb, kuniga bir pachka sigaret chekadigan odam o'pkasiga 0,07 Bk Pd kelib tushadi.

Radon izotoplari orasida eng xavflisi ^{222}Rn nurlagichi sanaladi. Radon tuproqdan poydevor va pol orqali o'tib, yoki qurilish

materiallaridan ajralib, yopiq, shamollatilmaydigan xonalarda to'planadi. Pollarda, tirqishlarda havo aylanishi kuchsiz bo'lsa, o'pkaga kiradigan individual dozalar xavfli tus olishi mumkin (1000 Ber/yil).

Odatda, tabiiy radionuklidlar granit tog' jinslarida ko'p bo'ladi. Ohaksimon va qum jinslarida radioaktivlik pastroq. Radonning atmosfera ostiga tushish tezligi tuproq holati, namligi, haroratiga bog'liq, qor qoplaganda esa u kamayadi. Bahorgacha saqlangan 50 sm qalinlikdagi qor yoz davrida tabiiy nurlagichlar shakllantiradigan Yer radiatsiyasini 80% ga oshiradi.

Radiatsiyaning su'niy manbalari. Radiatsiyaning su'niy manbalariga yadro sinovlari, tibbiyot diagnostika va davolash apparaturasi, radioaktiv chiqindilar va atom elektr stansiyalari kiradi.

Daslabki yadro sinovlari 1945-yilda o'tkazilgan. 1954–1958 va 1961–1962-yillarda eng kuchli sinovlar amalga oshirilgan. 1960-yil 13-fevralida Saharadagi sinovlardan 4 sutka keyin radioaktiv yog'inlar Qrimga yetib kelgan. 1955-yil 7-martda Nevadadagi (AQSH) portlashdan keyin radioaktiv parchalanish mahsulotlari Sankt-Peterburgda topilgan.

Tibbiyot. Rentgen nurlari kashf qilinganidan beri rentgen tashxislash metodlarini ishlab chiqishda eng katta yutuq kompyuter tomografiyasi bo'ldi, u oddiy metodlarga qaraganda nurlanishni bir necha marta kamaytirish imkonini beradi. Radioizotop tibbiyotda keng tarqalmoqda. Odam organizmiga kiritiladigan radioizotoplar yordamida opuxollokalizatsiya o'rni va o'lchamlari aniqlanadi yoki a'zo funksiyasi tekshiriladi. Nur terapiyasidan zararli opuxollarni davolashda foydalaniladi.

Nurlanishning boshqa manbalariga issiqlik elektr stansiyalarida ko'mirni yoqish; fosfat qoplamlari; iste'mol mollari (*radioalyuminessent, elektron priborlar, rangli televizorlar va boshqalar*); kosmik texnika materiallari, chekish va boshqalarni kiritish mumkin. Garchi chekish insonning o'ziga bog'liq bo'lsa-da, chekish radioaktiv ta'sirlar orasida yetakchilardan biri hisoblanadi.

Bugungi kunda nurlanishning kichik dozalari biologik roliga turlicha qarashlar mavjud. Ulardan birinchisi — radiatsion-gigiyenik qarashga ko'ra, har qanday kichik dozaga ham ma'lum darajada

zararli effekt to'g'ri keladi. Ya'ni nurlanishning biologik ta'siri «doza-effekt» bilan ifodalanishi mumkin. Bu nuqtai nazar tobora konservativ bo'lib, uning kichik dozalarga nisbatan to'g'riligi yoki noto'g'riligi haqida aniq ilmiy dalillar hali mavjud emas.

Ikkinchi nuqtai nazar dastlabkisiga qarama-qarshi: tabiiy radiatsiya foni butun tiriklikning normal rivojlanishi uchun majburiy (zarur). Radiatsion gormezis (tirik organizmning normal rivojlanishi uchun kichik dozadagi nurlanish zarur degan qoida) ustidamunozara qilib kelinadi.

Tabiiy fon nurlanish dozalari kamaytirilganda, tirik organizmlar o'sishi zaiflashish va tormozlanishga olib kelgan tajriba natijalari ma'lum.

Uchinchi nuqtai nazarga ko'ra, ionlovchi nurlanishning tirik organizmlarga ta'sir ostonasi mavjud bo'lib, undan past nurlanish zararli ta'sir ko'rsatmaydi.

Aholi yashash joylarida yo'l qo'yilgan nurlanish dozasi yiliga 5 mZv (yoki yiliga 0,5 ber). Mehnat faoliyati nurlanish manbalari bilan bevosita bog'liq kishilar uchun bu doza balandroq – 50 mZv (yoki yiliga 5 ber).

1896-yilda A. Bekkerel tomonidan uran ($^{238}_{92}U$) elementining radioaktivlik xossasi (α -, β - va γ -nurlanish) aniqlangan va bu kashfiyot tabiiy radioaktivlik hodisasining o'rganilishi tarixining boshlanishi hisoblanadi. 1867–1934-yillarda radioaktiv – $^{226}_{88}Rd$ va $^{209}_{84}Po$ elementlarini kashf qilishgan. Mariya Sklodovsqaya –

Kyuri Pier Kyuri bilan birgalikda radiy ($^{226}_{88}Rd$) va poloniy ($^{209}_{84}Po$) radioaktiv elementlarini kashf qilgan (1998). 1934-yilda Iren Kyuri va Frederik Jolio Kyuri tomonidan yadro reaksiyasi davomida $^{30}_{15}P$ izotopi aniqlandi.

Nazorat uchun savollar:

1. Radiobiologiya fanining rivojlanish bosqichlari?
2. Radiatsion fojialari tarixi.
 - a) «Nyu-Jersi» fojiasi.

b) «Nagasaki – Xirosima» fojiasi.

v) «Fukusima» fojiasi.

s) «Mihama» fojiasi

d) «Toqaymura» fojiasi.

e) «Yaslovske – Boxunitse» fojiasi materiallari ustida ishlash.

3. Radioaktivlik, rentgen nurlari va uning ochilish tarixini o'rganish.

Test savollari

1. Radiobiologiya rivojlanishida qaysi radioaktiv moddalar kashf qilingan?

A. $^{226}_{88}Rd$ va $^{209}_{84}Po$.

B. ^{222}Rn va $^{209}_{84}Po$.

C. $^{235}_{92}U$ va $^{137}_{55}Cs$.

D. $^{226}_{88}Rd$ va ^{222}Rn .

2. Qaysi radiatsion fojia ilm-fan yutuqlaridan birining halokati deb e'tirof etilgan?

A. «Nagasaki – Xirosima» fojiasi.

B. «Sellafile» fojiasi.

C. «Fukusima» fojiasi.

D. «Toqaymura» fojiasi.

3. 1957-yilda Uindskeyle hududida joylashgan «Sellafile» atom kompleksida ro'y bergan halokat nechanchi darajali shkala asosida baholangan?

A. 5-darajali.

B. 4-darajali.

C. 3-darajali.

D. 6-darajali.

4. Qaysi fojia sababli dunyo miqyosida atom reaktorlaridan foydalanishda uning funksiyasini boshqarishning nisbatan takomillashgan tizimi ishlab chiqilgan?

A. «SL-1».

B. «Sellafile» fojiasi.

C. «Mihama» fojiasi.

D. «Toqaymura» fojiasi.

5. «Fukusima» fojiasi sababi berilgan javobni ko'rsating.

A. Zilzila.

B. Toshqin.

C. Relyef to'g'ri tanlanmaganligi.

D. Radioizotopning tashlab ketilishi.

**Mavzu: Ionlashtiruvchi nurlanish. Uning miqdori va o'lchovi.
Atom energiyasi. Radioaktiv nurlanish tabiati**

Reja:

1. Atom yadrosining tuzilishi va fizik xarakteristikalar
2. Radioaktivlik. Radioaktiv nurlanishning tabiati
3. Ionlashtiruvchi nurlanish turlari va ularning xossalari

Tayanch so'zlar: atom yadrosi, yadro fizikasi, nuklonlar, radiobiologiya, radiatsion biofizika, ionlovchi nurlar, korpuskula, kvant nurlar, radioaktiv parchalanish aktivlik, yadrokuchlanish, fizikaviy, kimyoviy, tabiiy radioaktivlik, izotop.

Atom yadrosi haqidagi ta'limotlar XX asrning boshida intensiv rivojlanib bordi va hozirgi vaqtda bu sohada juda katta ishlar olib borilmoqda. Yadro energiyasidan tinchlik maqsadlarida ham ko'plab ishlar amalga oshirilmoqda.

1932-yilda **D.D. Ivanenko** hamma yadrolar tarkibida ikkita zarracha, ya'ni protonlar va neytronlar borligi haqidagi gipotezani bayon qildi.

Rezerford α - zarrachalarning sochilishi bilan o'tkazgan tajribalarida atomning asosiy massasi uning markazida joylashganini aniqladi va uni yadro deb atadi.

Yadro tarkibidagi proton musbat zaryadlangan bo'lib, zaryadi elektron zaryadiga tengdir, ya'ni $e_+ = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$, uning tinchlikdagi massasi $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$. Neytron zaryadsiz zarracha bo'lib, uning massasi $m_n = 1,6748 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

Proton va neytronlar birgalikda nuklonlar deb ataladi. Hamma yadrolar musbat zaryadlangan bo'lib, ularning zaryadi protonlar zaryadi bilan aniqlanadi. Masalan: yadroda Z ta proton bo'lsa, u holda yadro zaryadi $q_{ya} = Ze$ ga teng bo'ladi. Yadroning massasi atomning massasidan ozgina farq qiladi. Odatda yadro massasi maxsus birlikda (massaning atom birligi m.a. b) da o'lchanadi.

Massaning atom birligi sifatida uglerod ${}^6\text{C}^{12}$ izotop atomi massasining $1/12$ qismi qabul qilingan: $1 \text{ m.a.b.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

U holda $m_p = 1,00747 \text{ m.a.b.}$ $m_n = 1,00892 \text{ m.a.b.}$

Massa soni - yadroda nuklonlar soniga teng, ya'ni Z protonlar va N neytronlar bo'lsa, u holda massa soni:

$$A = Z + N$$

Yadro quyidagicha belgilanadi ${}^A_Z X$

Yadroda protonlar soni bir xil, ammo neytronlar soni har xil atomlardan harorat bo'lsa, u **izotoplar** deyiladi.

Masalan, vodorodning 4 ta izotopi mavjud: ${}^1_1\text{H}$ vodorod, ${}^2\text{D}({}^2_1\text{H})$ deyteriy, ${}^3\text{T}({}^3_1\text{H})$ tritiy va ${}^4\text{X}({}^4_1\text{N})$ 4 ta nuklonli-nomi yo'q.

Bir kimyoviy elementning barcha izotoplari elektron qobiqlarining tuzilishi bir xil bo'ladi. Shuning uchun ularning fizik xossalari ham bir xil bo'ladi. Lekin yadro strukturasi kelib chiqadigan kimyoviy xossalari (massa soni, zichligi radioaktivligi va hokazolar) ancha farq qiladi. Bu farq, ayniqsa, yengil kimyoviy elementlarda yaqqol ifodalanadi. Shu sababli Mendeleev davriy sisemasidagi ko'p atomlarning atom og'irligi butun son emas. Ya'ni ular ko'p izotoplar aralashmasidan iboratdir.

Rezerford birinchi bor tajribalar natijasiga binoan yadro radiusi R degan xulosaga kelgan edi. Umuman barcha yadrolar radiuslari quyidagi formuladan taxminan hisoblanadi.

$$R = (1.3 + 1.7) 10^{-15} A^{1/3}$$

Yadro fizikasida uzunlikning femtometr degan o'lchov birligi ishlatiladi.

($1 \text{ fm} = 10^{-15} \text{ m}$.) U holda formula quyidagicha yoziladi.

$$R = (1.3 - 1.7) A^{1/3}$$

Yadro moddasining o'rtacha zichligi ushbu formula bilan aniqlanadi

$$\rho = \frac{M_y}{(4/3)\pi R^3}$$

M_y yadro massasi. Agar m_0 nuklon massasi bo'lsa, unda $M_y = m_0 A$.

Bu yerda A – yadrodagi nuklonlarning umumiy soni. $A = Z + N$. Bu yerda Z – yadrodagi protonlar soni, N – yadrodagi neytronlar soni.

Yadro eng zich modda hisoblanadi, uning o'rtacha zichligi qiymati taxminan $1,3 \cdot 10^{17} \text{ kg/m}^2$ ga tengdir.

Yadroning spininuklonlar spinlarining yig'indisidan iborat. Proton va neytronlar spinlari o'zaro teng bo'lib, quyidagicha $S = 1/2 \hbar$. Ko'pchilik hollarda spin birliklarida aniqlanadi (ya'ni spinning o'lchov birligi sifatida \hbar ishlatiladi). Demak, proton va neytronning spin kvant sonlari $1/2$ ga teng ekan.

Juft sonli nuklonlardan tashkil topgan yadroning spin kvant soni $A \cdot 1/2$ dan (*hamma nuklonlarning spinlari bir-biriga parallel va yo'nalishlari bir xil*) nolgacha (*nuklonlarning spinlari bir-biriga parallel va nuklonlar yarmi spinlarining yo'nalishlari boshqa yarmi spinlari yo'nalishlariga qarama-qarshi bo'ladi va juft-juft bo'lib bir-birini kompensatsiyalaydi*).

Masalan, nuklonlar soni $A = 4$ bo'lsa, spin kvant soni 2, 1, 0 qiymatlarga ega bo'lishi mumkin. Masalan: ${}^2_1\text{H}$ uchun spin kvant soni 1 ga teng, ${}^4_2\text{He}$ uchun esa nolga teng.

Nuklonlar soni A toq bo'lganida yadroning spin kvant soni $A \cdot 1/2$ dan (*hamma nuklonlarning spinlari bir-biriga parallel va yo'nalishlari bir xil*) gacha (*nuklonlarning spinlari bir-biriga parallel va nuklonlar yarmi spinlarining yo'nalishlari boshqa yarmi spinlari yo'nalishlariga qarama-qarshi bo'ladi va juft-juft bo'lib bir-birini kompensatsiyalaydi, jufti yo'q bolgan oxirgi spin qoladi*) bo'lgan yarimbutun qiymatlarni qabul qilishi mumkin.

Masalan, spin kvant soni ${}^{115}_{49}\text{In}$ bilan yadro spini magnit momenti bog'langan. Uni yadro magnetoni $M_n = \frac{eh}{2m_p} =$

$= 5,0508 \cdot 10^{-27} \frac{\text{JK}}{\text{T}}$ orqali aniqlash mumkin. Protonning magnit

momenti $P_{np} = 2,79M_n$, neytronniki esa $P_{np} = -1,91M_n$ ga teng bo'ladi

«-» ishora neytronning magnit momenti spiniga teskari yo'nalganligini ko'rsatadi.

Yadro kuchlari – bu nuklonlarni bog'lab turuvchi kuchlar bo'lib, zarracha zaryadiga bog'liq emas. Ular $\sim 10^{-15}$ m masofada ta'sirlashadi. Yadro kuchlari to'yinish xususiyatiga ega, ya'ni nuklon o'zini o'rab turuvchi hamma nuklonlar bilan emas, balki bir nechta aniq nuklonlar bilan ta'sirlashadi. Yadro kuchlari elektromagnit kuchlaridan ancha kattadir.

Yadroning massasi uni tashkil etuvchi nuklonlar massasidan kichikdir. Bu farqqa massa defekti deyiladi. Nisbiylik nazariyasiga asosan massa va energiya o'zaro bog'liqdir.

$$E = mc^2$$

Yadro energiyasi ham nuklonlar energiyasi yig'indisidan kichikdir.

Yadroni alohida nuklonlarga ajratish uchun zarur bo'lgan energiyaga bog'lanish energiyasi deyiladi.

Bog'lanish energiyasi uchun quyidagini yozish mumkin:

$$E_{bog} = (Zm_p + Nm_n - M_{ya})c^2$$

1 m.a. b. taxminan 931 MeV energiyaga to'g'ri keladi. U holda bog'lanish energiyasi

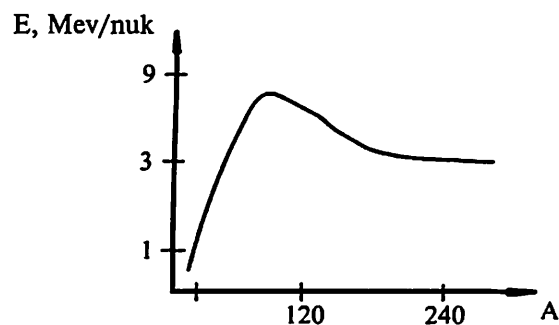
$$E_{bog} = (Zm_p + Nm_n - M_{ya}) 931 \text{ MeV}$$

amalda bitta yadroni ikki bo'lakka bo'lishda kerak bo'ladigan energiyani hisoblash zarur bo'ladi.

Bunday hollarda bitta nuklonga to'g'ri keladigan bog'lanish energiyasi aniqlanadi.

Solishtirma bog'lanish energiyasining atom massasiga bog'lanish grafigidan ko'rinadiki, maksimal bog'lanish energiya $8,6 \text{ MeV}$ massa soni $A = 50$ ga yaqin bo'lgan yadrolarga to'g'ri keladi.

Agar tizim katta energiya holatidan kichik energiya holatiga o'tsa reaksiyada energiya ajraladi, ya'ni boshqacha aytganda kichik



1-rasm. Solishtirma bog'lanish energiyasi (ϵ)ning atom massasi (A)ga bog'liqlik grafigi

bog'lanish energiya holatidan katta bog'lanishli energiya holatiga o'tadi.

Atomdagi jarayonlarga qaraganda yadro dagi jarayonlarda katta energiya talab qilinadi. Atomdan elektron urib chiqarish uchun bir necha o'n elektron volt energiya kerak bo'lsa, yadrodan nuklonni chiqarish uchun bir necha MeV energiya kerak bo'ladi.

Atom energetikasi. Yadro yonilg'i sikli bir necha bosqichni o'z ichiga oladi: uran rudasini qazib olish va boyitish, yadro yonilg'isini ishlab chiqarish va tashish, energiya ishlab chiqarish, ishlatilgan yonilg'idan uran va plutoniyni ajratib olish maqsadida ikkilamchi qayta ishlash, radioaktiv chiqindilarni ko'mish.

Ionlovchi nurlarning turlari. Ionlovchi nurlar tabiati bo'yicha ikki katta guruhga — korpuskulyar va kvant nurlarga bo'linadi. Korpuskulyar nurlar o'ta mayda, elementar zarrachalardan tarkib topgan.

Eslatma. Moddiy muhit atom va molekulalardan tarkib topgan. Atom kimyoviy bo'linmaydigan eng kichik zarracha bo'lib, (atom — bo'linmas demakdir) tuzilishi — musbat zaryadli, og'ir yadro va uning atrofida aylanuvchi elektronlardan tarkib topgan. Atom yadrosi nuklonlar deb atalmish (nukleus — yadro) zarrachalardan tarkib topgan. Nuklonlar ikki xil: musbat zaryadli zarachalar — protonlar va zaryadsiz zarrachalar — neytronlardan iborat. Proton va neytronlar massasi atom massa birligiga, ya'ni 1ga teng. Protonlar zaryadi +1ga teng.

Elektronlar zaryadi -1 , massasi o'ta kichik, $1/1837$ atom massa birligiga teng zarrachalardir. Atom massasini belgilashda elektron massasi e'tiborga olinmaydi. Elektronlar, protonlar, neytronlar zarachalar hisoblanadi, ulardan atomlar tarkib topadi. Bu zarrachalar alohida yoki turli nisbatda bog'langan holatda, nur sifatida namoyon bo'lishi mumkin. Proton va neytronlar tugal zarrachalar bo'lmay, ular ham kichik zarrachalardan tarkib topgan bo'lib, hozirgi paytda 40 ga yaqin shunday zarrachalar fanga ma'lum.

Alfa (α) nurlar — tarkibi geliy atomi yadrosiga o'xshash, 2 proton va 2 neytrondan iborat zarrachalar oqimi (4_2He). Alfa zarrachaning massasi 4 atom massa birligiga teng, zaryadi +2. Bu nur asosan tabiiy radioaktiv moddalar (uran, radiy, toriy, poloniy, radon va boshqalar)dan tarqaladi. Alfa zarrachalarning muhitdan o'tuvchanligi kichik bo'lib, energiyasiga bog'liq holda havoda 1–16 sm (o'rtahisobda 10 sm), yumshoq to'qimalarda bir necha 10 mikronni tashkil qiladi (0,1 mmdan oshmaydi) alfa nurlar odam terisining shox qatlamida deyarli to'liq tutilib qoladi.

Alfa zarrachalar muhitdan o'tayotib atom elektronlariga to'qnashib, ularni orbitadan urib chiqaradi va buning uchun o'rta hisobda 35 eV energiya sarf qiladi.

Radioaktiv atomlardan uchib chiquvchi alfa-zarrachalar energiyasi 2–11 MeV (million eV) ni tashkil qiladi. Zarrachalar muhitdan to'g'ri yo'nalish bilan o'tadi, o'z yo'lida dastlab nisbatan siyrak, uning nihoyasida o'ta zich ionlar ionizatsiya ustini hosil qiladi.

Alfa nurlari vositasida tashqaridan nurlash biologik o'zgarishlar chaqirmaydi. Chunki bu nurlar yutilgan terining shox qatlami hujayralaridir.

Aksincha, alfa nuri manbasining organizmga kirishi (*ichki nurlash*) chuqur o'zgarishlar keltirib chiqaradi. Bu sharoitda, nur tirik hujayralar orqali o'tadi va kuchli ionizatsiya va biologik o'zgarishlar chaqiradi.

Beta nurlar (β) asosan manfiy zaryadli zarrachalar — elektronlar (e^-) yoki ularning antizarrachasi pozitronlar (e^+) oqimidir. Bu nurlar yengil zarrachalarga kiradi. Aksariyat beta nurlar sun'iy

radioaktiv moddalardan tarqaladi. O'tuvchanlik havoda 10 metr, yumshoq to'qimalarda 1 smgacha, qo'rg'oshinda 0,3 mm. Beta zarracha manfiy zaryadli bo'lgani uchun muhit atomlari elektronlarining elektr maydonida itariladi, massasi kichik bo'lgani tufayli osonlik bilan o'z yo'nalishini o'zgartiradi va egri chiziqli yo'l (*trek*) hosil qiladi. Nur dastasi aniq cheklanmaydi. Ionlashtirish qobiliyati kuchsiz — havoda 1 sm masofada 50–100 juft ion hosil qiladi. Alfa nurlari esa shu masofada biri necha 10 ming juft ion hosil qiladi.

Beta nurlari tashqi nurlashda teri va uning ostki qatlamlarida biologik o'zgarishlar chiqaradi. Ichki nurlashda beta zarracha o'zgarishlari, ionlar zichligiga bog'liq holda, alfa-zarraga nisbatan deyarli 10 barobar kuchsiz. Radioaktiv moddalardan tarqalgan β nurlar vositasida tashqi nurlash tibbiyotda asosan teri kasalliklarini davolashda ishlatiladi.

Tibbiyot amaliyotida maxsus tezlatgichlarda (*betatronlar va siklotronlarda hosil qilingan*) yuqori energiyali (*megavolti*) elektronlar oqimi ham qo'llanadi. Bu nurlar to'qimalarga katta chuqurlikda kirishi mumkin.

Pozitronlar — elektronlarining aks zarrachasi bo'lib, ularning zaryadi va massasining kattaligi bir xil, ammo zaryadning xarakteri teskari — musbat. Pozitronlar o'z aks zarrachalari elektronlar bilan to'qnash kelguncha yashaydi. To'qnashish annigilyatsiyasi, bir-birini yo'q qilishga olib keladi.

Natijada ularning o'rnida ikkita kvant hosil bo'ladi. Bu kvantlar, atom elektronlariga to'qnash kelib yutiladi.

Neytronlar (n^0) — massasi 1, zaryadsiz. Asosan, og'ir yadrolarni (^{239}U ^{239}Ru) yadro reaktorlarini parchalab olinadi. Bundan tashqari ba'zi transuran elementlar (^{292}Sf) parchalanishida hosil bo'ladi. Neytron nurlarining o'tuvchanligi juda kuchli, u suvda, vodorodli muhitda ko'proq yutiladi. Biologik ta'sir kuchi yuqori bu nurlar tibbiyotda nisbatan kam qo'llanadi. Asosan tadqiqot maqsadlarida, su'niy radioaktiv izotoplar olish va yadrolarni parchalashda ishlatiladi.

Proton nurlari — massasi 1, zaryadi +1 bo'lgan zarrachalar, Su'niy ravishda maxsus tezlatgichlarda hosil qilinadi, o'tuvchanligi

katta, ionlashtirish qobiliyati kuchli. Proton nurlari tibbiyotda tananing chuqur qisimlarida yotgan kichik o'smalarni davolashda keyingi yillarda qo'llana boshlandi. Asosan tadqiqot maqsadlarida va yangi radioaktiv izotoplar olish uchun qo'llanadi.

Deytronlar (deyteriy 2_1H yadrosi) — 1 proton va 1 neytrondan iborat.

Tritonlar (tritium 3_1H yadrosi) 1 proton va 2 neytrondan iborat zarrachalar. Tadqiqot maqsadlarida maxsus tezlatgichlarda hosil qilinadi va radioaktiv izotoplar olishda qo'llanadi.

π -mezonlar massasi elektron massasidan 236 marta og'ir zarrachalar. Musbat va manfiy zaryadli π -mezonlar ma'lum. Manfiy π -mezonlar tibbiyot amaliyotida nur terapiyasida qo'llanadi. O'tuvchanligi juda katta, tanaga kirishida dastlab protonlar kabi siyrak ionlar hosil qiladi. O'tish yo'lining oxirida atom yadrolari tomonidan tutiladi va uning parchalanishiga olib keladi. Minatyuradagi yadro portlash yuzaga keladi va shu sohada kuchli ionizatsiya ro'y beradi.

Kvant tabiatli nurlar — energiya porsiyalari yoki fizik iborani ishlatsak fotonlar oqimidir. Bu nurlarga radioto'lqinlar, infraqizil, yorug'lik kabi muhitni ionlashtirmaydigan, oraliq holatdagi ultrabinafsha va ionlovchi xususiyatga ega rentgen, gamma, va yuqori energiyali tormozlanish nurlari kiradi. Bu nur to'lqin tabiatli. Kvant energiyasi ortib borgan sari nurning to'lqin uzunligi qisqaradi, o'tuvchanligi ortib boradi.

Ultrabinafsha nurlarning qisqa to'lqinli qismi ionlashtirish xususiyatiga ega, u to'qimalarda 1–2 mm ga o'tadi. Rentgen va gamma kvantlar energiyasi ancha katta, to'lqin uzunligi qisqa to'qimalarda 5–10 sm va undan chuqur masofaga o'ta oladi. Kvant nurlari muhit atomlari elektronlariga duch kelib ularda yutiladi va bu elektronlarga nur tabiatini baxsh etdi. Rentgen yoki gamma kvantni yo'tgan elektronlar muhit atomlarini β -zarracha kabi ionlashtiradi.

Ionlovchi nur manbalarni ikki guruhga — tabiiy va su'niy manbalarga bo'lish mumkin. Tabiiy manbalarga quyidagilar kiradi:

1. Kosmik nurlar. Ular turli korpuskulyar yoki kvant nurlar oqimidan iborat.

2. Geologik jinslardagi radioaktiv moddalar. Uran, radiy, poloniy, radon va boshqa kimyoviy elementlar.

3. Suv, havo va odam tanasi radioaktivligi.

Tabiiy manbalardan tarqaluvchi nurlar hayot uchun zaruriy radioaktiv muhitni hosil qiladi. M. Kyuri o'z vaqtida aytganidek, radioaktiv muhit odam, hayvonlar va boshqa tirik mavjudotlarning yashashi uchun zarurdir. Tirik mavjudot, shuningdek, shuhisobda odamlar evolyutsiya jarayonida bu muhitga moslashgan va radioaktiv muhit hayot uchun bezarar.

Ionlovchi nurlarning su'niy manbalari radioaktiv nurlarning ortishiga olib keladi, bu esa turli asoratlar keltirib chiqarishi mumkin. Bu manbalarga odam faoliyati tufayli yuzaga keluvchi radioaktiv ifloslanishlar, chiqindilar, turli nurlovchi uskunalar, atom reaktorlari, energetik, texnologik va tadqiqot reaktorlari, nurlovchi uskunalar va radioaktiv preparatlar kiradi. Bu manbalarni ham bir necha guruhga bo'lish mumkin.

1. Yadro sinovlari, atom elektrostansiyalaridagi avariylar, radioaktiv moddalarni qazib olish, uranni boyitish fabrikalarning chiqindilari, uran bilan ishlovchi obyektlarida texnologik jarayonlarining buzulishidan yuzaga kelgan tabiiy muhitdagi radiatsiyaning su'niy manbalari, masalan, Qozog'istonda, Semipalatinsk yadro poligoni; AQSHda Nevada shtatida va Polineziya orollaridagi yadro poligonlari hududi va uning atrofidagi radioaktiv qoldiqlar va osmondan yog'ilgan chang, Chelyabinsk shahri yaqinida Techa daryosiga radioaktiv chiqindilar tushishi natijasida yuzaga kelgan radioaktiv ifloslanish havzasi, Kishtim shahri yaqinida radioaktiv chiqindilar portlashi, Chernobil AESning avariyesi natijasida Belarusiya, Ukraina va Rossiyaning o'nga yaqin oblastlarini qamrab olgan radioaktiv ifloslanish regionlari.

2. Atom energetik, texnologik va tadqiqot qurilmalari, turli tezlatgichlar, AESlar, tadqiqot o'tkazish va radioaktiv moddalar olish uchun mo'ljallangan reaktorlar, atom suvusti va suvosti kemalari, radioizotoplar olinadigan tsiklotronlar ekspluatatsiyasi ma'lum darajada nurlanishga sabab bo'ladi.

3. Texnologik gamma va rentgen uskunalar. Bu turdagi nur manbalariga sanoat mahsulotlari defektining nurli nazorat gamma

ustanovkalari, aeroportlarda va boshqa muhim ahamiyatli ishlab chiqarishdagi turli nazorat uskunalari misol bo'ladi.

4. Tibbiyotda qo'llanuvchi diagnostik va terapevtik uskunalar: turli rentgenodiagnostik apparatura; rentgenoterapevtik, beta nurlovchi uskunalar, betatronlar, chiziqli tezlatgichlar, gamma-terapevtik qurilmalar.

5. Radioaktiv preparatlar – diagnostika va davolash maqsadida qo'llanuvchi turli radioaktiv moddalar.

Radioaktiv preparatlar ikki guruhga bo'linadi: ochiq va yopiq. Yopiq radioaktiv preparatlar tashqi muhitdan germetik tuzilgan moddalardir. Bu tur preparatlar ichiga radioaktiv modda kiritilgan kavak igna, naycha, disk, granula munchoqchalar shaklida yasalgan. Preparatning tashqi devori oltin, zanglamaydigan po'latdan yasaladi. Radioaktiv modda sifatida ^{226}Ra , ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{192}Ir qo'llanadi. Yopiq radioaktiv preparatlar devoridan faqat gamma nuri teshib o'ta oladi, shu sababli ular vositasida gammaterapiya amalga oshiriladi. Yopiq radioaktiv preparatlar bilan ishlashda nurlanish xavfi bor. Muolaja tugagach radioaktiv preparat tanadan chiqarib olinadi.

Ochiq radioaktiv preparatlar suyuq, kolloid yoki eritma, gazsimon radioaktiv moddalar bo'lib, ular ko'proq diagnostika, ba'zan davolash maqsadlarida ishlatiladi. Bu preparatlar og'iz orqali ichadi, venalar yoki to'qimalar orqali tanaga yuboriladi. Bu preparatlarni tayyorlash va organizmga kiritish jarayonida personal radioaktiv moddalari bilan ifloslanishi va nurlanishi mumkin. Tanasiga ochiq radioaktiv modda yuborilgan odam yoki hayvon radioaktiv ifloslanish manbasiga aylanadi. Ochiq radioaktiv preparat to'liq parchalanib bo'lmaguncha va organizmdan chiqib ketmaguncha saqlanadi.

Bu bosqichlarning hammasi ham texnologik jarayon buzilgan taqdirda ma'lum darajada xavfli bo'lishi mumkin.

Nazorat savollari:

1. Ionlovchi nurlarning guruhlari va turlari?
2. Korpuskulyar nurlar, ularning xarakteristikasi?
3. Kvant nurlar, ularning xarakteristikasi?
4. Radioaktiv parchalanish. Aktivlik va uning birliklari?

Test savollari

1. Atom yadrosi qanday zarrachalardan tashkil topadi?

- A. Proton va elektronlardan.
- B. Elektron va neytronlardan.
- C. Pozitron va neytronlardan.
- D. Proton va neytronlardan.

2. Barcha yadrolar radiuslari qaysi formulada hisoblanadi?

- A. $R = (1.65+1,7)10^{-14} A^{2/3}$.
- B. $R = (1.75+1,8)10^{-15} A^{1/4}$.
- C. $R = (1.45+1,5)10^{-15} A^{1/3}$.
- D. $R = (1.25+1,3)10^{-14} A^{1/2}$.

3. Yadroning zichligi taxminan ...

- A. $7,1 \cdot 10^{17} \text{g}/\text{m}^2$ ga tengdir.
- B. $4,1 \cdot 10^{17} \text{g}/\text{m}^2$ ga tengdir.
- C. $7,1 \cdot 10^{18} \text{g}/\text{m}^2$ ga tengdir.
- D. $4,1 \cdot 10^{18} \text{g}/\text{m}^2$ ga tengdir.

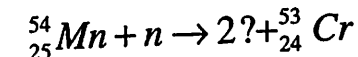
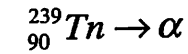
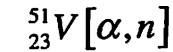
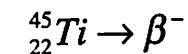
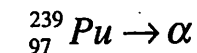
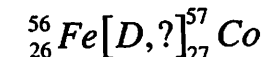
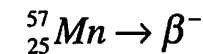
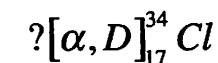
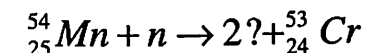
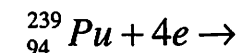
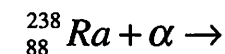
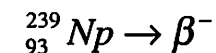
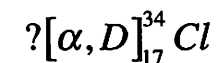
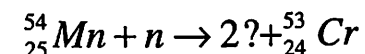
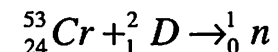
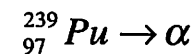
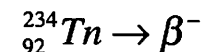
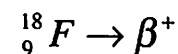
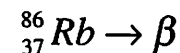
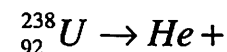
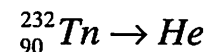
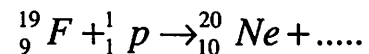
4. Yadroning bog'lanish energiyasi uchun qaysi formulani yozish mumkin?

- A. $E'_{bog} = (m_p + Nm_n - M_y)c^3$.
- B. $E'_{bog} = (Zm_p + m_n - M_y)c^2$.
- S. $E'_{bog} = (Zm_p + Nm_n - M_y)c^3$.
- D. $E'_{bog} = (Zm_p + Nm_n - M_y)c^2$.

5. Tabiiy radioaktivlik hodisasini kim kashf qilgan?

- A. M. Kyuri.
- B. Rezerford.
- C. Bekkerel.
- D. Bor.

QO'SHIMCHA TOPSHIRIQ



**Mavzu: Ionlantiruvchi nurlanishning miqdori va o'lchovi.
Radioaktivlikning birliklari. Dozimetriya.
Dozimetrik qurilmalar**

Reja:

1. Radioaktiv moddalar, ionlantiruvchi nurlar miqdori va o'lchovi.
2. Ionlantiruvchi nur dozalari.
3. Dozimetriya va dozimetik qurilmalar.

Tayanch so'zlar: alfa, beta, gamma nurlar, yarim parchalanish davri, ionlovchi nurlar, korpuskula, kvant nurlar, radioaktiv parchalanish, aktivlik, yadro kuchlanish, fizikaviy, kimyoviy, tabiiy radioaktivlik, izotop, atom parchalanish, Bekkerel, doza, dozimetriya.

Radioaktiv moddalardan tarqaluvchi nurlar, alfa, beta yoki gamma nurlardan iborat bo'lib, ular atomlarning parchalanishi jarayonida hosil bo'ladi.

Radioaktiv atomlar parchalanishi turlicha, ammo shu modda uchun doimiy bo'lgan tezlikda ro'y beradi. Har bir radioaktiv modda uchun tashqi faktorlarga bog'liq bo'lmagan parchalanish doimiyligi mavjud. Unda vaqt birligi ichida doim atomlarning ma'lum bir ulushi parchalanadi. Radioaktiv atomlar parchalanish tezligi amaliyotda yarim parchalanish davri – modda, atomlarining yarmini parchalanishiga ketgan vaqt bilan belgilanadi. Yarim parchalanish davri T harfi bilan ifodalanadi va vaqt birliklari bilan o'lchanadi.

Misol tariqasida bir nechta radioaktiv moddalarining yarim parchalanish davri va ular tarqatadigan nurlarni keltiramiz.

$^{238}U - T = 4,5$ mld. yil,	alfa nurlovchi
$^{226}Ra - T = 1590$ -yil,	alfa nurlovchi, (9/5% α va 5% γ)
$^{222}Rn - T = 3,2$ sut	alfa nurlovchi
$^{137}Cs - T = 30$ -yil	beta, gamma nurlovchi

$^{90}Sr - T = 27$ -yil	beta nurlovchi
$^{131}I - T = 8,1$ kun beta,	gamma nurlovchi
$^{198}Au - T = 2,7$ kun	beta, gamma nurlovchi
$^{24}Na - T = 15$ soat	beta, gamma nurlovchi
$^{99m}Tc - T = 6$ soat	gamma nurlovchi

Yuqorida keltirilgan misollardan ko'rinib turibdiki, radioaktiv moddalarning yarim yemirilish davri ($T_{1/2}$), tarqatadigan nurlari turlicha bo'lib, moddalarning qanday maqsadlarda qo'llanishi mumkinligini belgilaydi.

Aktivlik va uning birliklari. Radioaktiv moddaning miqdori uning massasi bilan belgilanmaydi. Sababi uning asosiy xarakteristikasi – nur tarqatishi vaqt birligi ichida ro'y beruvchi atom parchalanishlar soniga bog'liq. Shu sababdan radioaktivlik bir sekundda ro'y beradigan atom parchalanishlar soni bilan belgilanadi va u aktivlik deb ataladi. CI sistemasi bo'yicha aktivlik birligi qilib Bk (Bekkerel) qabul qilingan.

Bk – bir sekundda bir atom parchalanadigan radioaktiv modda miqdoridir, ming Bk – KBk (kiloBekkerel), million Bk – MBk (mega– Bekkerel) deb ataladi. Ayni bir vaqtda radioaktivlikning eski, CI sistemasiga kirmagan birligi – Ku (CI) kyuridan ham qo'llanib kelinadi. 1 Ku 1 gramm toza radiy aktivligi bo'lib, unda 1 sekundda $3,7 \times 10^{10}$ atom parchalanishi ro'y beradi, Ku katta birlik hisoblanadi. Ko'p hollarda uning ulushlari mKu (millikyuri – mingdan bir ulushi) yoki $mkKu$ (mikrokyuri – Kyurining milliondan bir ulushi) qo'llaniladi. $1 mkKu = 37 KBk$.

Doza va uning birliklari. Dozimetriya. Ionlovchi nurlar miqdori doza deb atalmish ibora bilan belgilanadi. Doza deb muhitning massa birligida (1 gramm) yutilgan nur miqdoriga aytiladi. Yutilgan dozaning asosiy birligi CI sistemasi bo'yicha (Gr – grey (Gy)) hisoblanadi. 1 Gr – 1 kg moddada 1 djoul energiya yutiladigan nur dozasi. Radiologiya amaliyotida SI sistemasiga kirmagan yutilgan doza birligi rad (rad) ham qo'llanib keladi. Bir rad = 0,01 Gr. Rentgen va gamma nurlarining havoda yutilishini (ekspozitsion dozani) aks etuvchi birliklar ham mavjud.

Ekspozitsion dozaning SI sistemasiga kirmagan asosiy birligi R – rentgen hisoblanadi.

1 Rentgen — 1 sm³ havoda normal atmosfera sharoitlarida (0 °C, 760 mm Hg) zaryadlarining yig'indisi bir elektrostatik birlikka teng ionlar (2,1 x 10⁹ juft) hosil qila oladigan nur miqdoridir.

Rentgenning ulushlari mavjud: mR milli rentgen, mkR mikrorentgen. CI sistemasi bo'yicha ekspozitsion doza birligi qilib kulon/kg — bir kg moddada 1 kulon energiya yutilishi qabul qilingan.

Vaqt birligi ichida yutilgan nur doza quvvati deb ataladi va u *R/soat*, *R/min.*, *R/sek.*, *Gr/min.*, *rad/min.* kabi birliklar bilan o'lchanadi.

Radiatsiyani qayd qilish prinsiplari va dozimetriya metodlari.

Dozimetriya — ionlovchi nurlar miqdorini o'lchash bilan shug'ullanuvchi fizikaning bir bo'limi. Bu maqsadlarda qo'llanadigan asboblarda dozimetrlar deyiladi. Ayni vaqtda rentgen va gamma nurlarning terapevtik maqsadlarda qo'llanuvchi miqdorini o'lchash asboblari, rentgenometrlar, radioaktiv nurlarini qayd qiluvchi va o'lchovchi asboblarda radiometrlar deyiladi.

Dozimetrlar qanday maqsadlar uchun qo'llanishiga qarab 4 turga bo'linadi.

1. Radiatsion — ximik jarayonlarning nazorati uchun mo'ljallangan dozimetrlar. O'lchov diapozoni 10⁴–10¹⁰ rad, (100 — 100.000.000 Gr);

2. Klinik va radiobiologik amaliyotlarda qo'llanuvchi dozalarni o'lchovchi dozimetrlar. O'lchov diapozoni 1 — 10⁴ rad, (0,01 — 100 Gr);

3. Individual dozalarni o'lchovchi dozimetrlar. O'lchov diapozoni 0,01 — 100 rad, (0,0001 — 1 Gr);

4. Radiatsion xavfsizlikni nazorat qilish dozimetrlari. O'lchov diapozoni 0,1 — 10³ mkrad/sek.

Registratsiya qilinadigan nur turiga qarab quyidagi dozimetrlar bo'lishi mumkin: rentgen va gamma nurlar uchun beta — dozimetrlar, neytronlar uchun, aralash nurlar uchun (M.: beta va gamma; gamma va n⁰).

Dozimetriya metodlari nur ta'sirida muhitda ro'y beradigan o'zgarishlarni qayd qilishga asoslangan. Shunga binoan dozimetriyaning fizikaviy (ionizatsion, lyuminestsent kalorimetriya, yarim o'tkazgichli) kimyoviy (fotokimyoviy) va biologik metodlari

bir-biridan farq qiladi. Dozimetriyaning ionizatsion metodi nur ta'sirida ionlashgan havoning elektr o'tkazuvchanligini aniqlashga asoslangan. Ionizatsion dozimetrlar eng keng qo'llanadigan turi bo'lib, soddalashtirilgan namunasi uch qismdan iborat: detektor, o'zgarimas tok manbasi, o'lchovchi qismi.

Detektor (datchik-sezuvchi qism) sifatida ionizatsion kameradan foydalaniladi. U soddada variantda tok ulangan ikki plastikadan yoki silindrsimon kondensator yoki angishvona shaklida yasalgan.

Silindr devorlari va markazga o'rnatilgan sterjen elektrodlar rolini o'ynaydi. Ionizatsion kamera sezgir galvanometr va akkumulyator-batareyaga ulangan. Kamera elektrodleri orasidagi havo izolyator. Shu tufayli nurlanish bo'lmagan sharoitda undan tok o'tmaydi. Agar ionizatsion kamera nur ta'sirida bo'lsa, undagi havo ionlashadi va u elektr o'tkazuvchan bo'lib qoladi.

Ionlanish darajasi nur dozasiga proporsional, kamera orqali o'tuvchi tok miqdori ham shunga mos bo'ladi. Bu tok ionizatsion tok deb ataladi va uning miqdorini sezgir galvanometr ko'rsatib turadi. Shu tariqa nur dozasi ionlashgan havoning elektr o'tkazuvchanligini aniqlash asosida o'lchanadi. Shu prinsipda, davolash maqsadida qo'llanadigan rentgen va gamma nurlarining miqdorini o'lchovchi uskunalarning qancha nur bera olishi aniqlanadi. Bu tipdagi dozimetrlar rentgenometrlar deb ataladi, ular yordamida katta dozalar o'lchanadi.

Ionlashgan gazlarning tok o'tkazishi asosida kichik dozalarni o'lchovchi dozimetrlar ham mavjud. Masalan: muhofazani nazorat qilish dozimetrlari (ДКЗ — дозиметр контроля защита) va individual dozani o'lchovchi dozimetrlar. Bu dozimetrlarda ionizatsion kamera, hajmi turlicha tsilindrik kondensator tariqasida yasalgan. Bu kondensatorga ish boshida maxsus zaryadlovchi—o'lchovchi uskuna yordamida ma'lum bir elektr zaryadi beriladi, so'ngra kamera nur ta'siriga quyiladi.

Nur ta'sirida kondensator plastinkalari (elektrodleri) orasidagi havo ionlana boshlaydi. Ionlar qarama-qarshi zaryadli elektrodlar tomon harakatlanib, vaqt o'tishi bilan kondensator zaryadning kamayishiga olib keladi. Ish kuni yoki haftaning oxirida kondensa-

torlarda qolgan zaryad o'lanadi. Kondensatorning razryadlanish darajasi unga ta'sir etgan dozaga proporsional bo'ladi.

Individual kondensatorli dozimetrlar avtoruchkaga o'xshash yasalgan. Ular turli hajmdagi ikki silindirdan iborat va turli kattalikdagi dozalarni o'lchashga mo'ljallangan. *KID-1*, *KID-2*, *KID-20*, *KID-60* individual dozimetrlari rentgen va gamma nurlarni 0,01–50 rad diapazonida ko'rsata oladi. Lyuminestsent yoki flyuorestsent metod nur ta'sirida ba'zi minerallarda ro'y beruvchi chaqnashlar, shulalanishni qayd qilishga asoslangan.

Dozimetriyaning kimyoviy metodlari, nurlanish chaqirgan kimyoviy o'zgarishlarni qayd qilish asosida amalga oshiriladi. Bu xususida ko'p yillardan buyon dozimetriyaning fotokimyoviy metodi qo'llanib keladi. Kumushning kolloid birikmalaridan biri AgBr fotoemulsiyaning asosini tashkil qiladi. Fotoemulsiya AgBr ning jelatindagi bo'tqasi bo'lib, u foto, kino, rentgen va boshqa plyonkalar yuziga bir tekis surtiladi. Nurga ta'sirchan bu plyonkalar maxsus kasseta ichiga joylashtiriladi. Ish jarayonida ionlovchi nurlar kasseta devoridan o'tib plyonka yuzasiga surtilgan.

*AgBr*ni tarkibiy qismlarga parchalaydi. Nurlangan plyonka maxsus eritma – «ochqich» (proyavitel)ga tushurilsa, unda fotoemulsiyadagi erkin kumush atomlari oksidlanadi, Ag_2O hosil bo'ladi va nurlangan plyonka qorayadi.

Plyonkaning qorayish darajasi ta'sir qilgan nur dozasi bog'liq. Plyonkani qorayish darajasini o'lchab fotometr belgilanadi. Hozirgi paytda individual dozani aniqlashda, ichiga rentgen plyonkasi solingan plastmassa kassetadan iborat individual fotografik kontrol (*IFK*) dozimetri keng qo'llanadi. *IFK* dozimetrlari beta, gamma va rentgen nurlarining individual dozasi ko'rsatadi.

Kimyoviy dozimetriya boshqa kimyoviy moddalarda nur ta'sirida ro'y beruvchi o'zgarishlar asosida ham amalga oshiriladi. Masalan, temir sulfatning o'zgarishi (ferrosulfat metodi), seriy sulfatning o'zgarishi (seriy metodi) benzol, zangori metilen va galloidlarning, organik birikmalarning o'zgarishiga asoslangan dozimetriyalar.

Kalorimetriya metodi – nur yutilishida moddalardan issiqlik energiyasi ajraladi. Shu jarayonda ajralgan infraqizil nurlarni qayd

qilish asosida nur miqdorini aniqlash mumkin. Ammo ajralgan issiqlik energiyasi o'ta kichikligi va uni aniqlash murakkabligi tufayli bu metod kundalik amaliyotda qo'llanilmaydi.

Yarimo'tkazgichlar metodi – nur ta'sirida yarimo'tkazgichlarning tok o'tkazishi o'zgaradi (dozaga proporsional ortadi), shu asosda nurning dozasi aniqlanadi.

Aytish kerakki, yarimo'tkazgichlar detektorlarning sezgirligi ionizatsion kameraga nisbatan yuqori. Yarimo'tkazgichli detektorlar juda kichik, ularni turli sohalarga o'rnatib dozimetriya o'tkazish mumkin.

Dozimetriyaning biologik metodlari to'qimalar, organlar va butun organizmda nur ta'siridan kelib chiquvchi o'zgarishlarni qayd qilishga asoslangan. Rentgenoradiologiyaning dozimetriya muammosi hal qilinmagan dastlabki davrlarda nur miqdori teridagi o'zgarishga qarab belgilangan. O'sha paytlarda empirik yo'l bilan rentgen va gamma nurlarning terining cheklangan sohasiga qisqa muddatli ta'siridan eritma keltirib chiqargan miqdori aniqlangan. Bu miqdor eritma dozasi deb atalgan va u o'lchov birligi rolini o'ynagan. Hozirgi paytda teridagi o'zgarishlarga qarab dozani aniqlash amalda qo'llanilmaydi.

Uning sabablari: birinchidan, terining, umuman odamlarning nurga ta'sirchanligi turlicha, demak eritema dozasi aniq, ko'rsatgich emas. Oq teri nur sezuvchan, bug'doyrang teri chidamli. Hatto bir odamda ham nurga sezuvchanlik o'zgarib turishi mumkin. Terining turli, giperimiyasi – qon aylanishining kuchayishi, haroratning yuqoriligi nurga ta'sirchanlikni oshiradi. Tana terisi turlicha sezuvchanlikka ega: qovoq, qo'ltiq osti, bilakning ichki yuzasi, chov-chot sohasi nurga sezuvchan.

Ikkinchi sabab – eritema nur ta'siridan ancha keyin (ikki hafta o'tgach) yuzaga keladi.

*Uchinchi*dan ta'sirchanlik nurning turi va energiyasiga bog'liq: uzun to'lqinli, past energiyali rentgen nurlari terini tezroq qizartiradi va kuydiradi, qisqa to'lqinli nurlar kamroq ta'sir qiladi. Biologik dozimetriyaning kamchiliklariga qaramay, teri o'zgarishlari o'smalar nurli terapiyasi jarayonida qo'shimcha nazorat testi sifatida xizmat qiladi.

Nazorat uchun savollar:

1. Ionlantiruvchi nurlanish deb nimaga aytiladi?
2. Ionlantiruvchi nurlanishning miqdor va o'lchovi birliklari?
3. Radioaktivlik deb nimaga aytiladi?
4. Radioaktivlikning miqdor birliklari.
5. Dozimetriya va dozimetrik qurilmalarni bilasizmi?

Test savollari

1. Zivert nimaning o'lchov birligi?

- A. Yutilgan doza.
- B. Ekspozitsion doza.
- C. Ekvivalent doza.
- D. Nurlanish dozasi.

2. Dozimetrik nazoratning qanday turlarini bilasiz?

- A. Alohida dozimetrik nazorat.
- B. Umumiy dozimetrik nazorat.
- C. Rejali dozimetrik nazorat.
- D. Shoshilinya dozimetrik nazorat.
- E. Shaxsiy dozimetrik nazorat.

3. Dozimetrik nazorat o'tkazish uchun qo'llanadigan asboblarning 2 turini

ayting:

A. Radiometrlar – radioaktiv moddadan tarqaladigan nurlanishning jadaliligini o'lchash uchun asboblari.

B. Rentgenmetrlar – ionlantiruvchi nurlanishning ekspozitsion doza quvvatini o'lchash uchun qo'llanadigan asboblari.

C. Lyuminoforlar – yutilgan dozani o'lchash asboblari.

D. Shaxsiy dozimetrlar – ekspozitsion yoki yutilgan dozani o'lchash asboblari.

E. Rentgenometrlar – rentgen nurlanishlarining jadalligini o'lchash uchun ishlatiladigan asboblari.

4. Umumiy dozimetrik nazoratni o'tkazish uchun qo'llanadigan asboblarni

ko'rsating:

A. DRGZ-03.

B. V. DRG-05M.

C. IFKU.

D. DRG-107MS

E. TLD.

5. Shaxsiy dozimetrik nazorat o'tkazish uchun qo'llanadigan asboblarni

ko'rsating:

A. IFKU – shaxsiyfoto nazorat. B. UIM.

C. DRG-05.

D. TLD – termolyuminissentli dozimetrlar.

E. RUP-1

**Mavzu: Toksikologiya va radioaktiv moddalar toksikologiyasi.
Organizmning nurdan zararlanish darajasini baholash.
Radioaktiv moddalar bilan ishlashning sanitariya
qonun-qoidalari**

Reja:

1. Toksikologiya haqida umumiy tushuncha.
2. Radiotoksikologiya va radiotoksinlar.
3. Radiobiologiyada sanitariya qoidalari.

Tayanch so'zlar: ionlantiruvchi nurlar, radioaktivlik, toksin, toksikologiya, izotoplar, atom energiyasi, yadroviy portlash, radiatsion xavfsizlik.

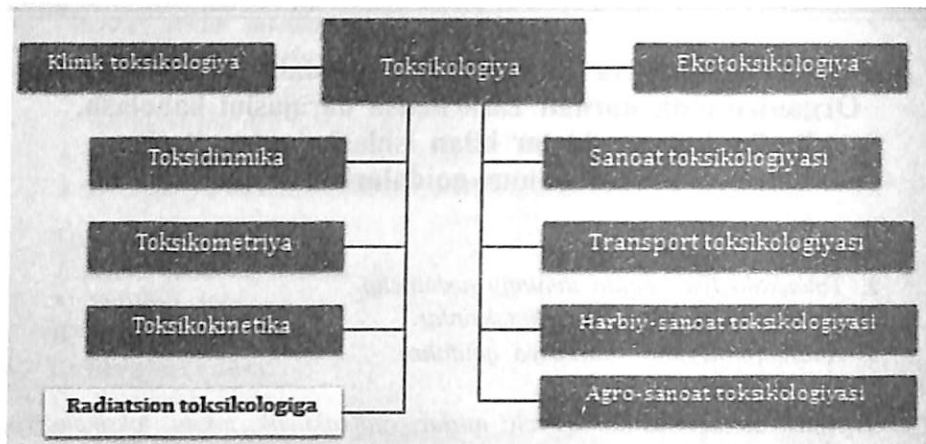
Toksikologiya turli abiotik faktorlarning tirik organizmga ta'sirini o'rganib, bir qator tabiiy fanlar, umumiy va organik kimyo, biokimyo, fiziologiya, immunologiya, genetika kabi fanlarni jalb qilgan holda keng qamrovli masalalarni yechadi. Toksikologiyada tajribalar asosan hayvonlarda o'tkaziladi.

Hozirgi kunda toksikologiyada **3 asosiy yo'nalish: nazariy (tajriba), profilaktik (gigiyenik) va klinik yo'nalishlar** qo'llaniladi.

Nazariy toksikologiya organizm va zaharlarning o'zaro munosabatlari, ularning toksikokinetik va toksikodinamik xususiyatlarini o'rganadi.

Profilaktik (gigiyenik) toksikologiya kimyoviy moddalarning xavflilik darajasini aniqlashga, shuningdek, odamni kimyoviy moddalarning zaharli ta'siridan himoya qilish yo'llarini ishlab chiqishga bag'ishlangan. Klinik toksikologiya kimyoviy moddalarning toksik ta'siri tufayli odamda kelib chiqadigan kasalliklarni o'rganadi. Radiotoksikologiyada radioaktiv moddalarning zararli ta'sirlari o'rganiladi.

«Radiotoksin» degan ibora XX asming 50-yillarida mashhur patofiziolog-radiobiolog olim **P.D. Gorizontov** tomonidan fanga kiritilgan. Radiotoksinlar nurlangan to'qimalarda buzilgan, anomal metabolism tufayli hosil bo'lgan biologik aktiv gumoral moddalar bo'lib, ular nurlangan organizmda ortiqcha miqdorda to'planadi



2-rasm. Toksikologiyning guruhlanishi

va tarqaladi. Organlar, to'qimalar hamda turli tizimlarga zaharli ta'sir ko'rsatadi, funksional va strukturaviy o'zgarishlar chaqiradi, nurning ta'sirini chuqurlashtiradi. Ko'pgina olimlar yagona radio-toksinni izlashgan, ammo universal radiotoksin topilgan emas.

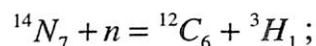
Radionuklidlarning zararligi (toksikligi) quyidagi faktorlar bilan bog'liq:

- nurlanish turi va energiyasi, yarim yemirilish davri;
- radionuklidlar organizmga qaysi moddalar tarkibida tushishi;
- organlar va to'qimalar bo'yicha taqsimlanish turi;
- organizmdan chiqarilish tezligi.

Ayrim radioaktiv moddalar toksikologiyasi bilan tanishaylik.

Tritiy (T^3) vodorodning izotopi bo'lib, tabiatda kam miqdorda uchraydi. Tritiy — rangsiz gaz, 18,5 keV energiyali β -nurlarni chiqaradi. Uning yarimyemirilish davri 12,26 yil. Tritiy atmosferaning yuqori qatlamlarida quyidagi uchta jarayon tufayli hosil bo'ladi:

1. Ikkilamchi kosmik nurlanishning azot yadrolari bilan o'zaro ta'sirida:



2. Turli elementlar yadrolarining katta energiyali kosmik nurlar ta'sirida parchalanishi;

3. Vodorod bombasi portlashida kechadigan termoyadro reaksiyalari.

Tabiiy sharoitda tritiy havodagi kislorod bilan birikib og'ir suv — HTO va T_2O molekularini hosil qiladi va yog'inlar hamda chang bilan Yer sirtiga tushadi.

HTO bug'lari bilan nafas olinganda o'pkaga 85–100% gacha yutiladi. Oshqozon-ichaklar orqali tritiy suv bilan birga yutiladi. HTO suvi ichilgandan 2–9 minut o'tgach odamlar qonida tritiy aniqlanadi. HTO ning ichaklarda shimilishi 40–45 minutda tugaydi.

Organizmga tritiy oksidining birlamchi tushishida tritiyning ko'p qismi organizmning suvli fazalarida to'planadi.

Tritiyning tuproq ichida joylashgan meva ildizlar tarkibidagi suv miqdori tuproq ustidagi o'simliklarga nisbatan kattadir. Don o'simliklarida tritiy miqdori yanada kam. Oziq-ovqat bilan tushishda organik bog'langan tritiyning odam va hayvonlar organlaridagi miqdori ancha o'sadi. Tritiyning organizmdan chiqarilishi buyraklarda, nafas olish organlarida va oshqozon-ichaklarda ro'y beradi. HTO ning organizmdan chiqarish davri 6–14 kunga teng va odam yoshiga bog'liq. Odam yoshi oshgan sari HTO ning organizmdan chiqarilishi tezlashadi.

Turli hayvonlarda HTO bilan zararlanishining boshlang'ich davrida holsizlik, adinamiya, ovqat yemaslik kuzatiladi. O'tkir dozali nurlanishda 5–7 kunda gemorragik sindrom aniqlanadi. Qon quyuqlanish vaqti uzayadi, teri tomirlari o'tkazuvchanligi oshadi, ahlal va siydikda qon paydo bo'ladi. Qonning morfologik tarkibida gemoglobin, leykotsit, eritrotsit, trombotsitlar miqdori kamayadi. Zararlanishning o'tkir bosqichida qon hosil bo'lishi keskin kamayadi. Hayvonlarning jigari funksiyasi o'zgaradi. Tritiyning nisbatan katta biologik faolligi uning to'qimalar hajmining birligida rentgen va γ -nurlariga qaraganda 10–30 marta kattaroq ionlashish zichligini hosil qilishi bilan bog'liq. Bundan tashqari tritiy parchalanishida 3He_2 hosil bo'ladi, bu izotop DNK dagi vodorod bog'larni uzishi mumkin. Natijada genetik effektlar paydo bo'ladi. Uglarod izotopi ^{14}C energiyasi 0,156 MeV bo'lgan β -nurlarni chiqaradi, uning yarimyemirilish davri 5760-yilga teng.

Tabiatda ^{14}C atmosferaning pastki qatlamlarida kosmik nurlardagi neytronlarning azot atomi yadrosiga ta'siri natijasida hosil bo'ladi. Uglarodning su'niy manbalari qatoriga yadro portlashlari, turli tipdagi yadro reaktorlari, ilmiy-tadqiqot laboratoriyalari kiradi.

Odam va hayvonlar organizmiga ^{14}C oziq-ovqat tarkibidagi birikmalar tarzida tushadi. ^{14}C ning havo bilan tushishi katta xavf tug'dirmaydi, chunki qonda uglarod turg'unmas birikmalar hosil qilgani uchun organizmda kam saqlanadi. ^{14}C ning yaxshi eriydigan organik birikmalari organizmda 90–100% gacha o'zlashtiriladi. Organizmda tekis taqsimlanadi. ^{14}C organizmda $^{14}\text{CO}_2$ ga oksidlanib, o'pka orqali chiqariladi. Bir kun ichida 56% ^{14}C o'pka orqali chiqib ketadi. Qon, jigar, oshqozon va ichaklardan 1 kunda 80% ^{14}C chiqariladi. Yog' va teridan ^{14}C yarim chiqarish davri 20 kunga teng.

^{14}C organizmning barcha qismlariga o'ta oladi va bevosita organik birikmalarga qo'shiladi. Ularda uglarod atomlari azot atomlariga aylanishi (transmutatsion effekt) tufayli zararli ta'sir etishi mumkin. Bu DNK dagi kimyoviy bog'larning uzilishiga olib keladi. ^{14}C ning transmutatsion effekti barcha genetik va somatik zararlanishlarning 10% ni tashkil etadi.

Uran bo'linishida katta sondagi izotoplar hosil bo'ladi. Ular orasida toksikologik jihatdan ahamiyatlilari qatoriga Sr, I, Cs, Ru, Y, Te, Zr, Nb, Ce, Pm izotoplari kiradi. Uran bo'linishi mahsulotlari atom sanoati chiqindilari va atom quroli portlashi mahsuloti sifatida toksikologik xavfga ega. I, Sr, Cs, Ca, Te izotoplari yuqori shimilishiga ega. Ce, Pm, Y, Zr, Nb, Np va Pu organizmda yomon shimiladi.

Organizm uchun rezorbsiyasi katta va hayot uchun eng muhim organlarda ko'p to'planadigan radionuklidlar eng xavflidir. Uran parchalanishining katta qismi jigarda va suyaklarda to'planadi. Bu mahsulotlar miqdori organizmga tushgach yemirilishi va organizmdan chiqarilishi natijasida tezda kamayadi. Parchalanish mahsulotlarining 39% ahlat bilan, 7,5% siydik bilan chiqadi. Parchalanish mahsulotlari organizmga yetarli miqdorda tushganida nurlanish kasali boshlanadi. Parchalanish mahsulotlari organizmga enteral tushganida kritik organ oshqozon-ichak sistemasi hisob-

lanadi. Uning nurlanishdan zararlanishining klinik simptomlariga ishtahaning yo'qolishi, qayd qilish, diareya, qorinda og'riq kiradi. Parchalanish mahsulotlari ta'sirida yurak-tomirlar sistemasida ham o'zgarishlar kuzatiladi. Hayvonlarda puls oshadi, toni pasayadi, arterial bosim kamayadi.

Erigan parchalanish mahsulotlarining organizmdan chiqishi buyrak orqali bo'ladi. Bunda buyrak nefronlari β -nurlanadi.

Uran parchalanish mahsulotlari ta'sirida uglevodlar, oqsillar va lipidlar almashishida o'zgarishlar paydo bo'ladi. Bu o'zgarishlar jigarning zararlanishi natijasidir. Jigarda uran parchalanish mahsulotlarining 15% to'planadi.

Yadro parchalanish mahsulotlari tarkibining 20% ni ^{131}I – ^{135}I izotoplari tashkil qiladi. Bu izotoplar qalqonsimon bezda to'planadi. Qalqonsimon bezning nurlanish dozasi boshqa organlar dozasidan 100–1000 marotaba ko'proqdir. Yadro parchalanish mahsulotlari organizm immun reaktivligini o'zgartiradi. Natijada organizmda uzoq muddatlarda patologiyalar kelib chiqishiga sabab bo'luvchi asoratlar paydo bo'ladi. Tezda hayvonlarda terining bakterial xossalari, leykotsitlarning fagositar aktivligi pasayadi. Qalqonsimon bezning nurlanishdan zararlanishi tufayli gormonal balans buziladi. Yadro parchalanishi mahsulotlari bilan o'tkir zararlanish hayvonlarning tuzalishi, kasallikning xronik tarzga o'tish yoki o'lim bilan tugaydi. O'limning eng ko'p sababi oshqozon-ichak sistemasi va nafas olish sistemasining zararlanishidir.

Tirik qolgan hayvonlarda tiklanish jarayonlari inkorporatsiyalangan radionuklidlar bilan nurlanish kechishi bilan birga boradi. Tiklanish sur'ati yutilgan doza va organizmning fiziologik holatiga bog'liqdir.

Parchalanish mahsulotlari bilan zararlanishdan uzoq muddatlarda hayvonlarda o'simtalar paydo bo'ladi.

Yadro parchalanishida hosil bo'ladigan ^{90}Sr izotopi 0,54 MeV energiyali β -nurlar manbasidir, uning yarimyemirilish davri 28,6 yilga teng. Strontsiy mikroelement tarzida hayvonlar organizmida mavjud. Yer sirtiga tushgan strontsiy o'simlik va chorvachilik mahsulotlari bilan odam organizmiga tushadi. ^{90}Sr oshqozon-ichaklar traktida yaxshi shimiladi. Strontsiy asosan suyaklarda to'planadi.

Stronsiyning organizmdan chiqishi ahlat va siydik bilan bo'ladi. ^{90}Sr ning yutilish dozasi katta bo'lganda hayvonlarda o'tkir nur kasalligi boshlanadi. Hayvonlarda anemiya rivojlanadi, spermatogenez va ovogenez susayadi, jigar va buyraklarning funksiyasi buziladi. ^{90}Sr bilan zararlanish oqibatida jigarda nekroz o'choqlari, bosh miyada qon quyilishlar, buyraklarda nefroz belgilari kuzatiladi. Uzoq muddatlarda suyaklar leykozi va o'simtalari paydo bo'ladi.

Uran parchalanishi mahsulotlarining 6% ni sezii izotoplari tashkil etadi.

^{137}Cs o'zidan β^- va γ -nurlarni chiqaradi. Bu nurlarning energiyasi mos holda 0,51 MeV (92%) va 1,17 MeV (8%), yarimemirilish davri 30 yil. Yadro qurollarining portlashi, yadro energetikasi korxonalarining, atom suvosti kemalarining ishlashi natijasida ^{137}Cs atmosferaga singishi yoki suvlarga tushishi mumkin. Oqibat biologik zanjirlar orqali hayvonlar organizmiga tushadi. Stabil sezii odam va hayvonlar organizmida 1g yumshoq to'qimalar tarkibida 0,6 mg gacha miqdorda bo'ladi. Sezii izotoplaridan kimyoviy tahlil o'tkazishda, nurli terapiyada va sterilizatsiya qilishda foydalanishadi. Sezii izotoplari oshqozon-ichaklarda 100% gacha shimiladi. Qonga o'tgandan keyin sezii nisbatan tekis holda organlar va to'qimalarga tarqaladi. ^{137}Cs ning xronik ravishda tushishida organizmda ma'lum darajagacha to'planadi. Turli hayvonlar uchun seziiyning to'planish karraligi har xil: sichqonlarda — 3, kalamushlarda — 17, quyonlarda — 23, itlarda — 30.

^{137}Cs organizmdan asosan buyraklar orqali chiqariladi. Bir oy ichida organizmga tushgan seziiyning 80% chiqib ketadi.

Sezii izotoplari organizmga kuchli ta'sir etadi. Kalamushlar terisi ostiga kiritilgan ^{137}Cs ning dozasi 60 Zv ga yetganida ularda holsizlanish, ishtahaning yo'qolishi, qonli ich ketish, burnidan qon ketish kuzatilgan. Qon tarkibida limfotsitlar, neytrofillar miqdori kamaygan, shartli reflekslar susaygan. Itlarda sezii bilan zararlanishda o'pka, oshqozon-ichak trakti va teri ostida qon quyilishlar ro'y bergan.

Chernobil AES dagi avariya natijasida atmosferaga chiqqan va so'ngra Yerga tushgan ^{137}Cs ning umumiy miqdori taxminan 3,7

10 Bk ga teng. Mol go'shtida ^{137}Cs ning miqdori 3,7 10 Bk/kg gacha yetgan. Hozirgi kungacha avariya zararlangan hududlarda ^{137}Cs asosiy nurlantiruvchi modda bo'lib qolmoqda.

Organizmda ^{137}Cs ni aniqlash uchun tanadan γ -nurlanish, ahlat va siydikda β^- , γ -nurlanishni dozimetrlar yordamida o'lchashadi. ^{137}Cs bilan zararlanishning oldini olish uchun individual himoya vositalaridan foydalanish va shaxsiy gigiyena qoidalariga amal qilish kerak.

Ionlanuvchi nurlanishdan himoyalaniish. Radiatsion himoyalaniishning uchta turi: vaqtdan, masofadan va material bilan himoyalaniish mavjud.

Vaqt qancha ko'p bo'lib, masofa qanchalik kam bo'lsa, ekspozitsion doza shunchalik katta bo'ladi. Material bilan himoyalaniishda nur turiga bog'liq. Alfa nurlanishdan himoyalaniish sodda bo'lib, buning uchun bir varaq qog'oz yetarlidir. Ammo nafas yo'li va ovqat orqali ham nurlanish mumkin.

Betta nuridan himoyalaniish uchun bir necha sm qalinlikdagi alyuminiy, pleksiglas yoki shisha plastinka yetarli.

Neytral nurlanishlar hisoblangan rentgen va gamma nurlanishlarda himoyalaniish murakkabdir. Bulardan ham qiyini neytronlardan himoyalaniishdir. Kosmik nurlar 92,9% protonlar, 6,3% alfa zarrachalardan iborat. Birlamchi kosmik nur energiyasi 109eV, Yerga yetib kelganda quvvati 1,5GVt bo'ladi. Ma'lumki, uran yoki plutoni yadrosining bo'linishidan juda katta miqdorda energiya ajralib chiqadi. 1 gramm uran — 238 elementining parchalanishida: 2 3000 000 kVt soat issiqlik energiyasi ajralib chiqadi yoki 1 kg uran — 238 elementi energiyasi 2500 000 kg toshko'mirni, 2000000 kg benzinni, 25000000 kg trinitrotoluolning portlash energiyasiga teng.

Bu keltirilgan ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, atom energiyasidan energetik resurs sifatida foydalanish nihoyatda katta ahamiyatga egadir. Hozirgi vaqtda butun dunyoda 100 dan ortiq atom elektr stansiyalari bo'lib, ularning umumiy quvvati bir necha million kilovattidir.

Hozirgi zamon fani va texnikasi atom energiyasidan foydalanishning turli usullarini ishlab chiqmoqda. Keyingi yillarda atom

energiyasidan foydalanish usullari tibbiyotda, veterinariyada va texnikaning turli sohalariga qo'llanilishi ikkita masalani ko'ndalang qilib qo'ydi. Birinchidan, atom nurlari bilan bevosita shug'ullanuvchilar xavfsizligini ta'minlash bo'lsa, ikkinchidan butun Yer yuzidagi insoniyatni yoppasiga qirg'in qurollari zarbidan saqlashdir.

Shuning uchun ham Yer yuzidagi butun progressiv insoniyat atom, vodorod va neytron bombalari ishlab chiqarishning to'xtatilishi va mavjudlarini ham yo'q qilib tashlashni talab etmoqdalar.

Yadro bombalarining portlatilishi va atom energiyasidan tinchlik maqsadlarida foydalanish ma'lum bir darajada atmosferadagi radioaktivlik fonining oshishiga olib kelmoqda. Agarda hamma joyda atom va vodorod bombalari portlash to'xtatilganda ham faqatgina tinchlik maqsadlaridagi qo'llanilayotgan atom energetik qurilmalaridan ruxsat etilgan me'yorda radiatsiya miqdori bo'lsada baribir oz miqdorda atrof-muhitga radioaktiv ifloslanish bo'lishi mumkin. Demak, radioaktiv ifloslanish atom ta'sirining majburiy faktoridir. Shuning uchun ham atrof-muhitni doimiy ravishda kontrol qilib turish kerak. Radioaktiv moddalar bilan ifloslanish haqida aholi o'rtasida tushuntirish ishlari olib borilishi kerak. Ayniqsa, oziq-ovqat mahsulotlarini ehtiyotkorlik bilan radioaktiv ifloslanishdan saqlash kerak. Atom nurlaridan tinchlik maqsadlarida foydalanishda radiatsiya xavfsizligidan saqlash uchun maxsus xizmatchilar mavjuddir. Masalan, atmosferaning, dengizlarning, daryolarning va havoning radioaktiv ifloslanishini biofizik radiologlar nazorat qilib turadi. Aholi yashaydigan punktlarni radioaktiv ifloslanishdan saqlash vazifasi radiologlarga topshirilgan.

Yuqoridagi keltirilgan tashkilotlar nazorat qilish bilan birga radioaktiv ifloslanishni kamaytirish masalalari ustida ham ishlaydilar. Radiatsion xavfsizlikning oldini olish uchun tabiiy radioaktiv fonini aniqlashimiz kerak. Tabiiy radioaktivlik foniga kosmik nurlar, tuproqdagi tabiiy radioaktiv nurlar kiradi. Hozirgi vaqtda kosmik nurlanishga asosan yuqori atmosfera qatlamiga dunyo fazosidan kelib tushadigan protonlar 79%, alfa zarrachalar 20%, Uglorod, azot va kislorod yadrosidan tushadigani 0,7% va atom yadrosining nomerlari 10 dan oshiq bo'lganlari kiradi. Birinchidan, kosmik nurlanish zarrachasining energiyasi 10^{20} eV gacha yetadi.

Birinchi kosmik nurlanish atmosferaning atom yadrolari bilan o'zaro to'qnashib hammasi protonlar, elektronlar, mezonlar va neytronlar hosil qiladi. Dengiz yuzasi balandligida kosmik nurlanish asosan 80% mezonlardan, 20% elektronlardan tashkil topadi. Faqatgina 0,05% protonlar dengiz yuzasi balandligiga yetib keladi. Kosmik nurlanish geografik kenglikka va balandlikka bog'liq bo'ladi. Masalan, dengiz yuzasidan 300 metr balandlikda ancha ko'proq bo'ladi. Tabiiy radionuklidlardan asosan to'rtta radioaktiv nuklidlar mavjuddir.

Dinamik jarayonlar yordamida biosferada doimiy ravishda modda almashinuvi natijasida radioaktiv moddalar oilasining muvozanati buzilib turadi. Ma'lum bo'lishicha, N va S^{14} biosferada, ya'ni vodorod bombasining portlashigacha 15000 yil davomida radionuklidlar miqdori doimiy bo'lib turgan.

Masalan: Braziliyada vulkanik jinslarda radioaktivlikning quvvati 12 rad. yiliga, Hindistonning ayrim yerlaridagi qum tarkibida, aholi yashaydigan joylarda radioaktiv nurlanish 0,2–2,6 rad. yiliga ekanligi to'g'ri kelishi aniqlangan.

Radiatsion xavfsizlikni ta'minlash. O'zbekistonda radiatsion xavfsizlikni ta'minlashning davlat nazorati 2000-yil 31-avgustda qabul qilingan M120-II sonli «Radiatsion xavfsizlik haqida»gi qonunga muvofiq amalga oshiriladi.

O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2011-yil 24-avgustidagi M242 sonli «O'zbekiston Respublikasi favqulodda vaziyatlarda ularning oldini olish va harakat qilish davlat tizimini yanada takomillashtirish to'g'risida»gi qarorining 3-ilovasida Sog'liqni saqlash vazirligiga atrof tabiiy muhitning radioaktiv, kimyoviy, zaharli moddalar va bakterial vositalar bilan ifloslanishni nazorat qilishni tashkil etish, Qishloq va suv xo'jaligi vazirligiga qishloq xo'jalik ekinzorlarining radioaktiv zaharli moddalar bilan ifloslanishini nazorat qilish, Davlat geologiya va mineral resurslar qo'mitasiga yerosti suvlarining radioaktiv, kimyoviy va boshqa zaharli moddalar bilan ifloslanishini kuzatish va nazorat qilish yuklatilgan.

O'zbekistonning «Radiatsion xavfsizligi normalari va radiatsion xavfsizlikni ta'minlashning asosiy sanitariya qoidalari haqida»gi

2006-yildagi qarorida aholining individual effektiv nurlanish dozasi yiliga $5mZv$ dan oshmasligi belgilangan.

Radiatsion xavfsizlik normalari (*RHN-2006*) nafas olish va hazm qilish organlari orqali organizmga yil davomida tushishi mumkin bo'lgan radionuklidlarning chegara miqdorlari hamda atmosfera va suvda radionuklidlarning mumkin bo'lgan konsentratsiyalari ko'rsatilgan .

Ushbu qarorda oziq-ovqat mahsulotlari sifati va xavfsizligiga qo'yiladigan gigiyenik talablarda radionuklidlarning chegara qiymatlari berilgan (*11-jadval*). Agar oziq-ovqat mahsulotlari va ichimlik suvi nurlanishining effektiv dozasi $5 mZv$ bo'lsa, uni iste'mol qilish chegaralanadi.

11-jadval

Radiatsion ifloslangan oziq-ovqat mahsulotlarini iste'mol qilishni cheklash mezonlari

Radionuklidlar	Radionuklidning oziq-ovqat mahsulotlarida solishtirma aktivligi, kBk/kg	
	A daraja	B daraja
$^{131}I, ^{134}Cs, ^{137}Cs$	1	10
^{90}Sr	0,1	1,0
$^{238}Pu, ^{239}Pu, ^{241}Am$	0,01	0,1

Davlat radiatsion xavfsizlik nazoratining vazifalariga quyidagilar kiradi:

- chorvachilikda radiatsion vaziyatni baholash, obyektlar va insonlarning radiatsion ifloslanishini nazorat qilish;
- radioaktiv ifloslangan hududlarda hayvonlarni tekshirish, dispanserlash, radiatsion xavfsizlik me'yorlariga javob bermaydigan hayvonlar va qishloq xo'jalik mahsulotlarini yo'q qilish;
- insonlarda profilaktik, diagnostik, davolash muolajalarini, obyektlar dezaktivatsiyasini o'tkazish;
- chorvachilik va qishloq xo'jalik o'simliklari mahsulotlarida sanitariya ekspertizasi;

• radiatsion xavfsizlik talablariga mos ravishda insonlarning sog'ligini saqlashga qaratilgan tadbirlarni tashkil etish;

- radiatsion xavfsizlik qoidalari va me'yorlarini ishlab chiqish;
- radiatsiyaga qarshi tadbirlarning bajarilishini nazorat qilish.

Radioaktiv moddalar borligining sanitariya nazorati rejali davriy, rejali sistematik, rejadan tashqari operativ va yalpi tarzda o'tkaziladi.

Radiatsion ifloslanish ro'y bergan hollarda sanitar nazoratning birinchi navbatdagi vazifalari jumlasiga quyidagilar kiradi:

- atrof-muhitning radioaktiv ifloslanishi turi, fizik-kimyoviy holati va taqsimoti xarakterini aniqlash;
- organizmning fiziologik holati, tashqi va ichki nurlanishning dozasini baholash;
- insonlarning xo'jalik mahsulotlari, oziq-ovqat va hayvonlardan foydalanish yo'llarini aniqlash;
- me'yoriy toza mahsulotlar olish imkoniyatlarini aniqlash;
- uzoq muddatga mo'ljallangan radiatsion himoya tadbirlarni o'tkazish ehtimoliyatini baholash.

Ionlovchi nurlardan saqlanishning fizik usullari va radioaktiv moddalardan tozalanish.

Odam organizmini ionlovchi nurlarning zararli ta'siridan, uch xil fizik usul bilan muhofaza qilish mumkin: to'siq – ekran, masofa va vaqt bilan.

Birinchi uslub nur manbasi bilan odam o'rtasidagi radiatsiyani yutib qoluvchi to'siq – ekran o'rnatishdan iborat. Bu to'siqlar nur miqdorini xavfsiz darajaga qadar pasaytira oladigan, nurni kuchli yutuvchi, og'ir moddalardan yasaladi.

Bu maqsadlar uchun ko'pincha qo'rg'oshin, cho'yan, temir, po'lat ishlatiladi. Radiatsiyadan saqlovchi ekran – to'siqlar uch guruhga bulinadi: ko'chmas (*statsionar*), ko'chuvchi va individual muhofaza vositalari. Dastlabki ikki tur kollektiv muhofaza vositalari hisoblanadi.

Statsionar vositalarga nur manbalari o'rnatilgan xona devorlari, kuzatuv darchalarini berkituvchi qo'rg'oshinli oynalar, eshiklar, rentgen trubkasi o'rnatilgan muhofazalovchi g'ilof (*защитный кожух*)lar, gammaterapevtik apparatlarning muhofazali boshchasi (*защитная радиационная головка*), devoriy seyflar kiradi. Nur

manbasi o'rnatilgan xona devorlari og'ir jins — betondan yasaladi, suvoq uchun baritli beton ishlatiladi.

Devor qalinligi, o'rnatiladigan nur manbasining quvvati va uning nurlarini o'tuvchanligini hisobiga olgan holda belgilanadi. Muhofaza seyflari, g'illoflar ikki qavatli bo'lib, ichi qo'rg'oshin, tashqi tomoni qattiq og'ir metalldan yasaladi. Neytron nurlari yengil moddalarda vodorodga boy muhitda, masalan, suvda ko'p yutiladi. Ko'chuvchi (*siljувчан — передвижные*) muhofaza vositalariga qo'rg'oshinli konteynerlar (suyuq va qattiq radioaktiv chiqindilarni saqlash yoki radioaktiv moddalarni bir joydan ikkinchisiga eltish (transport) uchun mo'ljallangan), muhofazali sterilizatorlar, shprintsar, siljувchi to'siq — ekran «shirma» (qo'rg'oshinli rezinadan yoki metallqoplamali) muhofaza stollar, muolaja (*манипуляцион*) stollar, krovatlar, generatorlar, yuvish shkaflari kiradi. Barcha ko'chuvchan nurlovchi qurilmalar o'z muhofaza vositalariga ega.

Individual muhofaza vositalariga alohida bir shaxsni nurlanishdan saqlovchi buyumlar kiradi. Bunga qo'rg'oshinli rezina fartuklar, qo'lqoplar, yubkalar, qalpoqlar, ko'z oynaklar namunabo'laoladi.

Masofa vositasida saqlanish quyidagi qonuniyatga asoslangan. Nur manbasi bilan obyekt o'rtasidagi masofa ortishi bilan nur dozasi shu masofaning kvadrati barobar kamayib beradi. Masalan: masofa ikki marta ortsa doza 4 barobar, 3 marta ortsa 9 barobar, 5 marta ortsa 25 barobar kamayadi. Masofa vositasida nurdan saqlanish uchun radioaktiv moddalar, bilan olib boriladigan hamma amal va muolajalar distantsion instrumentlar (mexanik qo'llar, tutqich — zaxvatlar, uzun karnsanglar, pinsetlar) vositasida bajariladi. Xodimlar o'tiradigan xonalar, boshqa muassasa va uy joylar kuchli nur manbalaridan radiatsion gigiyena normalarida ko'rsatilgan masofada bo'lishi lozim. Radiologiya bo'limlarida, xodimlar radioaktiv moddalar bilan ishlamaydigan soatlarda o'tirish uchun dam olish xonalari mavjud.

Vaqt bilan nurlanishdan saqlanish. Nur ta'siri davomiyligini qisqartirishga asoslanadi. Buning uchun nurlanish bilan aloqador kasblar uchun qisqa 5 soatli ish kuni, hamma xodimlar uchun

qo'shimcha ta'til belgilangan. Nafaqa olish uchun professional nurlanishning davomiyligi ayollar uchun 7 yil, erkaklarga 10 yil, nafaqa yoshi 45 va 50 yosh qilib belgilangan. Nurlanishni kamaytirish uchun har qanday amal va muolajalar avval aktivlikka ega bo'lmagan preparatlarda o'rganilgach, tez va chaqqon bajarishga erishgandan so'ng amalga oshiriladi.

Radioaktiv ifloslanishdan saqlanish va uni bartaraf qilish. Ochiq holatdagi radioaktiv moddalar bilan ishlanganda atrof-muhitni ifloslanishdan saqlash uchun turli sanitariya-gigiyena vositalari ko'zda tutiladi.

Radioaktiv moddalar radioaktiv ifloslanishga imkon bermaydigan idishlarda germetik yopiq holatda saqlanadi, hamma amal va muolajalar maxsus stol, muolaja (*manipulyatsion*) shkaflarda, bug'lanuvchi va gazsimon moddalar bilan amallar havo so'ruvchi (*вытяжной*) shkaflarda bajariladi. Ish xonalarda albatta havoni ichga tortuvchi va tashqariga chiqarib yuboruvchi (*приточно-вытяжная*) ventilyatsiyabo'lishi ta'min etiladi.

Radioaktiv chiqindilar (ifloslangan pinsetlar, tamponlar, salfetkalar, radioaktiv modda saqlangan flakonlar va hokazolar) maxsus konteynerlarda aktivligi belgilangan darajaga qadar kamayguncha saqlanadi, aktivligi kamaygan ishga yaroqsiz preparatlar maxsus joylarda (*местазахоронение*) ko'miladi.

Xodimlarni ish jarayonida radioaktiv ifloslanishga yo'l qo'y-maslik uchun maxsus sanitariya-gigiyena normalariga rioya qilishlari va individual vositalar (*xirurgik rezina perchatkalar, plastik fartuklar, lozim bo'lganda respiratorlar*)dan foydalanishlari talab qilinadi.

Radioaktiv ifloslanish ro'y bergan hollarda ularni bartaraf qilish, uni mexanik yo'q qilishdan iborat. Radioaktiv ifloslanishlarni bartaraf qilishdan iborat tadbirlar — dezaktivatsiya deb ataladi.

Dezaktivatsiya tadbirlari radioaktiv moddalar bilan ifloslangan jisimlarni yuvish, qirib, supurib tozalashdan iborat. Yer yuzasi ifloslanganda lozim bo'lsa, yuza qatlamni qirib olinadi, hamma chiqindilar maxsus joylarda ko'miladi. Har qanday yuqori yoki pastki harorat, bosim, kimyoviy moddalar radioaktivlikka ta'sir ko'rsatmaydi.

Nazorat uchun savollar:

1. Radiotoksikologiya nimani o'rganadi?
2. Radionuklidlarning odam va hayvonlar uchun zararini nima belgilaydi?
3. Radioaktiv yod, stronsiy, sezijning organizmda to'planishi va chiqarilishi xususiyatlari qanday?
4. Hayvonlar va odam organizmida radionuklidlar to'planilishi va chiqarilishi tezligi nimalarga bog'liq?
5. Ichki nurlanishning uzoq oqibatlari qanday?
6. Yadro bo'linishi mahsulotlari bilan zararlanmaslik uchun qanday choralar ko'rish kerak?

Test savollari

1. Toksikologiya so'zining ma'nosi to'g'ri berilgan javobni ko'rsating?
 - A. Zahar.
 - B. Zahar, zaharli modda, zaharlanish.
 - C. Zaharlanish jarayoni.
 - D. Zaharlanish, zaharlanish darajasi.
2. Toksik jarayonning ko'rinishi nimaga asosan aniqlanadi?
 - A. Biologik obyektlarning murakkablik darajasi.
 - B. Biologik sistematika birliklari asosida.
 - C. Biologik obyektlarning tashkiliy darajasi.
 - D. A, C.
3. Radionuklidlarning asosiy so'riladigan joyi.
 - A. o'n ikki barmoqli ichak, ingichka ichak, kavsh qaytaruvchilarda oshqozonining oldingi qismi, oshqozoni bir kamerali hayvonlarda esa oshqozon;
 - B. O'n ikki barmoqli ichak, ingichka ichak, kavsh qaytaruvchilarda oshqozonining oxirgi qismi, oshqozoni bir kamerali hayvonlarda esa ko'richak.
 - C. ingichka ichak, kavsh qaytaruvchilarda oshqozonining oxirgi qismi.
 - D. Hamma javob to'g'ri.
4. Oshqozon-ichak trakti orqali kirishida radionuklidlarning zararlaydigan nurlarini guruhlab ko'rsating.
 1. Alfa; 2. Betta; 3. Gamma.
 - a) ichak devori; b) limfa sistemasi; c) ichki organlar; d) oshqozon.
 - A. 1-a, 2-c,d 3-d.
 - B. 1-a, 2-b 3-c,d.
 - C. 1-a, 2-c 3-c,d.
 - D. 1-a, 2-a,d 3-c,d.
5. Masalani yeching.

0,5 kg og'irlikdagi sichqonning qorniga va 5 kg og'irlikdagi quyonning qorniga yuborilgan 50 g toksikantning doza ko'rsatgichlarini aniqlang.

Mavzu: Ionlantiruvchi nurlarning odam organizmiga ta'siri haqidagi gipotezalar. Strukturaviy metabolitik gipoteza. «Biokimyoviy shok» gipotezasi. «Sulfogidril» gipotezasi. Radiorezistentlikning endogen fon gipotezasi

Reja:

1. Ionlantiruvchi nurlar biologik ta'sir mexanizmlari.
2. Kislorod effekti va uning universallik xarakteri.
3. Ionlantiruvchi nurlarning biologik ta'sirlari haqidagi gipotezalar.

Tayanch so'zlar: ionlantiruvchi nurlar, radioaktivlik, toksin, toksikologiya, izotoplar, atom energiyasi, yadroviy portlash, radiatsion xavfsizlik, kislorod effekti, rentgen nurlanish, teri saratoni, determinatsion ta'sir, stoxastik ta'sir.

Paradoks yoki *paradox* (grek tilida παραδοξος – kutilmagan, g'ayritabiiy holat degan ma'noni anglatadi) – haqiqiy, mavjud bo'lgan, biroq mantiqiy jihatdan izohlash qiyin bo'lgan hodisa va holatlar.

Radiobiofizikada asosiy paradoks N. Timofeyev-Resovskiy tomonidan ishlab chiqilgan bo'lib, u *ionlashtiruvchi nurlanish juda kichik qiymatdagi yutilish energiyasining katta qiymatdagi biologik ta'sir effektini yuzaga keltiradi*.

Ko'p vaziyatlarda ilm-fan sohasi vakillari ham hayotda biologik individ sifatidagi g'alamis kimsalar qarshiligida, faoliyat olib borishiga to'g'ri keladi va bunday vaziyatda, albatta, biologik «hayot uchun kurash» qonuniga amal qilib yashashga intiladi.

Shunday hayot tarzi, ilm-fan sohasida sezilarli iz qoldirishga muvassar bo'lgan inson – Rossiya biofizika maktabi vakillaridan biri, N.V. Timofeyev-Resovskiy hayotini ham chetlab o'tmagan.

Shuningdek, professor N.V. Timofeyev-Resovskiy ilm-fanda «ahamiyatga ega holatlarni ahamiyatsiz holatlardan farqlash» tarafdori sifatida, ilm-fanda «bo'lmag'ur» fikrlar va g'oyalar bilan safsata sotuvchi ilm «daholari» mutlaqo, ortiqcha ovsarlar hisoblanishini ta'kidlaydi.

Demak, radiobiofizikada asosiy paradoks — *arzimagan radiatsion nurlanish dozasi*ning ulkan qiymatdagi biologik ta'sir effektini yuzaga keltirib chiqarishi hisoblanadi.

Bu radiobiofizik paradoksni izohlashda bir qator gipotezalar ishlab chiqilgan:

1. **Nuqtaviy tavsifga ega issiqlik nazariyasi** 1922-yilda F. Desauer tomonidan ishlab chiqilgan bo'lib, radiobiofizikada asosiy paradoks quyidagicha tushuntiriladi:

- ionlashtiruvchi nurlanish boshqa nurlanish turlariga nisbatan juda kichik hajmiy zichlikka ega;
- ionlashtiruvchi nurlanish har qanday kimyoviy bog'lar energiyasiga nisbatan juda katta energiyaga ega;
- radiatsion nurlanish oluvchi biologik obyekt tarkibi nisbatan hayot uchun muhim ahamiyatga ega bo'lgan, mikro o'lchamdagi strukturalardan tashkil topgan;
- biologik obyektida mikro o'lchamdagi sohalar tomonidan yutilgan radiatsion nurlanish energiyasi mikrosohalar bo'ylab katta qiymatda o'zgarishlarni yuzaga keltiradi.

Shunday qilib, «nuqta tavsifidagi issiqlik» hujayrada hayotiy jihatdan muhim ahamiyatga ega bo'lgan mikro sohalar ta'sir ko'rsatishi va radiatsion nurlanishning biologik ta'sir effekti oqibatlari qiymati kattalashishi mumkin.

2. «*Nishon*» nazariyasi — radiatsion nurlanish hujayra va molekulyar darajada, aynan nishon sifatidagi mikro sohalar bo'ylab ionizatsiyani yuzaga keltiradi va nishon sohalariga ionlashtiruvchi nurlanishning tegish ehtimolligi darajasi nurlanish dozasi qiymatiga to'g'ri proporsional hisoblanadi.

3. **Stoxastik (ehtimollik asosidagi) nazariya** — radiatsion nurlanishning hujayraga ta'siri asosida amalga oshadi. Bunda «*doza-effekt*» tipidagi bog'liqlik nafaqat radiatsion nurlanishning nishon-strukturalarga ta'sir ko'rsatishi, balki biologik obyektning dinamik sistema sifatidagi xossalari bilan ham belgilanadi.

4. **Kommunal yoki abskopal (abskopal) effekt («Guvoh» effekti)** — bu radiatsion nurlanish ta'sir etuvchi zonadan tashqarida joylashgan, biroq zona bilan bevosita tegish sohalariga ega bo'lgan hujayralarning zararlanish mexanizmini tushuntirib beradi.

Ionlashtiruvchi nurlanish biologik organizm to'qima hujayralari strukturasi tashkil qiluvchi moddaga bevosita va bilvosita ta'sir ko'rsatadi.

Hujayraning proliferativ halokatini tasvirlovchi modellardan biri, hujayra halokatini belgilovchi kritik hodisa — *DNK* molekulasida sodir bo'ladigan qo'shaloq uzilishlardir degan farazga asoslanadi.

Haqiqatdan ham qo'sh spiralning bitta ipida yuzaga keladigan uzilishlar reparatsiya tufayli tezlik bilan o'z holiga keltiriladi va shu tufayli bunday uzilishlar hujayraning nurdan zararlanishida hal qiluvchi ahamiyatga ega emas deb hisoblanadi.

DNK molekulasida qo'shaloq uzilishlar nazariy jihatdan ikki xil yo'l: bitta ionlovchi zarracha qo'sh spiraldan yoki yonma-yon joylashgan ikki ipchaga bir vaqtning o'zida ikkita zarrachaga tegishli orqada yuzaga keladi. Birinchi holda yuzaga keladigan qo'sh uzilishlar soni yutilgan nur dozasi ta'g'ri proporsional (αD) bo'lsa, ikkinchi holda qo'shaloq uzilishlar soni yutilgan doza kvadratiga proporsional (βD^2) bo'ladi. Shunday qilib, *DNK* molekulasida doza nur ta'siridan kelib chiqadigan uzilishlarning o'rtacha soni (n) ga teng: $n = \alpha D + \beta D^2$

α - va β -nur yutilganidan so'ng *DNK* molekulasida atrofida sodir bo'ladigan jarayonlar hamda qo'shaloq uzilishlarga daxldorlikni ifodalaydi.

Nurlantirilgan hujayralar populyatsiyasida yuz beradigan halokat hodisasining Puasson taqsimotiga bo'ysinishni inobatga olib, hujayralar halokatining *DNK* zanjirida sodir bo'ladigan qo'shaloq uzilishlar bilan shartlanishini inobatga olib, proliferativ halokat ehtimolligini R orqali ifodalab, hosil qilingan:

$$N/N_0 = e^{-p(\alpha D + \beta D^2)}$$

Ko'rinib turganidek, daraja ko'rsatkichi dozaga bog'liq. Demak, doza effekti egri chizig'i yarim logarifmik koordinata sistemasida to'g'ri chiziq shaklidagi sohaga ega bo'la olmaydi.

Stoxastik konsepsiya.

Tasodif tegish va nishon prinsiplari, faqat bir nishon va bir zarbli radiobiologik reaksiyalar namoyon etadigan, o'ta oddiy

sistemalardan olingan tadqiqot natijalarida o'zining to'la tasdig'ini topdi.

Bu xil reaksiyalar kam uchraydi va ko'p hollarda, dozaning egri chizig'i oddiy eksponentadan keskin farqlanadi. Shu munosabat bilan biologik sistemalarda, nur ta'siridan kelib chiqadigan effektlarning dozaga bog'liqligini tahlil etishga qaratilgan boshqacha yondashuv ham paydo bo'ladi.

Mazkur yondashuv nishonga tegish bilan test-effekt orasidagi bevosita aloqa emas, balki test-effektning namoyon bo'lishiga ta'sir etadigan voqealar ketma-ketligini nazarda tutadi.

Sistemaning bir holatdan ikkinchi bir holatga o'tishida o'z aksini topadigan elementar hodisalar ko'pligi, test-effekt yuzaga kelishining ehtimolli xarakterini belgilaydi. Tegish va nishon nazariyalariga ko'ra, energiyaning fanatnishon tomonidan yutilishiga oid, birlamchi effektgina ehtimolli xarakterga ega. Mazkur modelga ko'ra, ehtimollik test-effekt namoyon bo'lishining barcha bosqichlariga xos bo'lgan holdir.

Radiobiologik effektning dozaga bog'liqligini tahlil qilishga qaratilgan, stoxastik konsepsiya nomini olgan mazkur yondashuvning asosiy g'oyasi ham ana shundan iborat. Stoxastik konsepsiya matematik apparat sifatida, biologik sistemaning vektor holatlari, ko'p o'lchovli matritsalar ustida bajariladigan operatsiyalar va Markov jarayonlari nazariyasidan foydalanadi.

Biologik sistemalarda tasavvur qilinishi mumkin bo'lgan o'tishlarining barchasini, tajribada tekshirishning iloji yo'q. Shuning uchun ham ko'p hollarda tekshirilayotgan obyektning barcha holatlari bir holat nuqtasiga birlashtirilib soddalashtirilgan holati ko'rib chiqiladi.

Sistemaning muayyan bir reaksiya normasidan chetlanish ehtimoli nur dozasiga bog'liq bo'lgani uchun o'tish koeffitsiyenti ham dozaga bog'liq deb qaraladi. Mazkur o'tish koeffitsiyenti, sistemaning reaktivligi $R(D)$ deb ataladi.

Faraz etiladiki, doza o'zgarishi munosabati bilan hujayralar yashovchanligida sodir bo'ladigan o'zgarish $d/dD(N/N_0)$ tirik qolgan hujayralar soni va ularning reaktivligiga $R(D)$ proporsional, ya'ni: $d/dD(N/N_0) = -R(D)(N/N_0)$.

Sistema reaktivligining dozaga bog'liq bo'lmaydigan hollarida, radiobiologik effektning dozaga bog'liqlik egri chizig'i eksponenta, aks holda sigma shakliga ega bo'ladi. Demak, stoxastik konsepsiyaning chetki xususiy holi, tegish va nishon prinsiplariga borib taqaladi.

Hujayra radiobiologiyasining miqdoriy nazariyalari o'zaro zid bo'lmay, aksincha, ular bir-birini to'ldiradi. Nishon nazariyasi, amalda, hujayra noyob ultrastrukturasining tiklana olmaydigan, bir zarbli zararlanishi bilan belgilanadigan test-effektini aniq tasvirlaydi.

Chiziqli kvadrat modeli, DNK dagi qo'shaloq uzilishlar effektining dozaga bog'liqligini to'la va aniq tasvirlaydi. Stoxastik nazariya esa, birlamchi molekulyar zararlanishni oxirgi test-effekt-dan ajratib turuvchi oraliq hodisalarning ehtimolli tabiatini ochib beradi.

Umuman, miqdoriy radiobiologiya konsepsiyalari hujayra halokati yoki unda mutatsiyaning kelib chiqishini test-effekt sifatida qabul qiladi. Ammo, tashkillanganlikning yuqori darajalarida esa, masalan, to'qimalar, organlar va tarkibiy qismlarning o'zaro o'ziga xos ta'sirlashishidan kelib chiqadigan effektlarning dozaga bog'liqligi haqida so'z borganda miqdoriy qonuniyatlardan anchagina chetlanishadi.

❖ Kislorod effekti

Nurlantirilgan birikmalarda yuz beradigan radiatsion-kimyoviy o'zgarishlarning avj olishi, ko'p hollarda, reaksiya muhitida kislorodning bor-yo'qligiga bog'liq bo'ladi. Kislorodning makromolekulalar radiatsion-kimyoviy chiqishiga ko'rsatadigan ta'siri, uning hujayra, to'qimalar, ko'p hujayrali organizmlar singari murakkab sistemalarga ko'rsatadigan ta'siriga o'xshab ketadi. Qoidaga ko'ra, kislorodning modifikatsiyalash ta'siri, nurdan zararlanishning kuchaytirilishidan iborat bo'lib, u **kislorod effekti** deb ataladi.

Kislorod effekti fermentlarning radiatsion-kimyoviy aktivsizlanishi, makromolekulalar, tirik hujayralar hamda ko'p hujayrali murakkab organizmlarning zararlanishida ko'zga tashlanadi. Effekt, biologik obyektlar kislorodli muhitda nurlantirilganda payqaladi.

Kislorod effekti, kislorodning erkin radikallar (masalan, R°) bilan ta'sirlashishi natijasida paydo bo'ladigan perokis radikali (ROO°) bilan shartlangan. Suvdagi kislorod, suv radiolizi mahsulotlari bilan ta'sirlashib, o'ta aktiv radikallar (NO_2°, O_2°) hosil qiladi.

Kislorod effektining o'lchov birligi sifatida, **kislorodning kuchaytirish koeffitsiyenti (KKK)** ishlatilib, u kislorod mavjud sharoitda, bir xil nur dozasi ishlatib hosil qilingan effektning, kislorodsiz sharoitda o'sha xil nur dozasi ishlatib olingan effektga nisbatan necha marta kuchayganligini ko'rsatadigan kattalikdir. Bundan tashqari, kislorodli va kislorodsiz muhitda, bir xil radiobiologik effektga sabab bo'luvchi, ikki xil dozalar nisbati ham ishlatiladi. Quritilgan nuklein kislota preparatlari uchun KKK kattaligi 1,5–2,2 ni tashkil etadi.

L.X. Eydus kislorodsiz sharoitda nurlantirilgan makromolekulalar aktivsizlanishi, nurlantirilgandan keyin muhitga kiritilgan kislorod ta'siridan yana kuchayib ketgan, kislorodning keyingi ta'sirini qayd etdi. Kislorodning keyingi ta'siri, kislorodsiz muhitda, kislorodga sezgir, uzoq yashovchi zararlanishlarning paydo bo'lishidan darak berib, ularni **potensial zararlanishlar** sifatida qabul qilish mumkin.

Bunday zararlanishlar, sharoitga qarab, namoyon bo'lishi yoki namoyon bo'lmasligi ham mumkin. Makromolekulardagi ana shunday potensial zararlanishlar, tabiatan, barqaror radikal holatidan iborat bo'lib, ularni *EPR* metodi yordamida qayd etish mumkin.

Suvli muhitda kislorod effektning ro'yobga chiqishi, bir qator omillarga bog'liq. Ulardan radioprotektorlar, ayniqsa, sulfogidril guruhlarga ega birikmalar muhim ahamiyatga ega. Bunda kislorod, mazkur birikmalarga nisbatan, raqobatchi ingibitor sifatida namoyon bo'ladi.

Tirik organizmlar nurlantirilganda qayd etiladigan kislorod effektining mexanizmi to'la izohlangan emas. Ammo, hujayradagi *SH*-li birikmalar miqdori bilan *KKK* qayd etilgan bevosita aloqadorlik, kislorod effektining namoyon bo'lishida, radioprotektorlar bilan kislorod o'rtasida raqobatli munosabatning yuzaga

kelishidan darak beradi. *KKK* kattaligining o'zgarishi, hujayradagi *SH*-birikmalar miqdorining o'zgarishi bilan bog'liq deb hisoblanadi.

Tirik organizmlar nurlantirilganda qayd etiladigan *KKK* radiatsiya dozasi, kislorodning hujayradagi konsentratsiyasi, hujayraning fiziologik holatini belgilovchi ozuqa muhitining sifati va hoka'zolariga bog'liq.

ECHU oshishi bilan *KKK* kamayadi. Mazkur hodisani izohlash maqsadida, «Trekdagi kislorod va ta'sirlashuvchi radikallar» deb atalgan gipoteza taklif etiladi.

Gipoteza kislorodning u yoki bu modda gidrolizi mahsulotlari bilan reaksiyaga kirishish kinetikasining o'ziga xosligi, ularning, fazalardagi taqsimlanish zichligi, yashash davri hamda diffuzion yugurishining effektiv masofasini inobatga olish asosida shakllantirilgan.

Nazorat uchun savollar:

1. Ionlantiruvchi nurlarning biologik ta'siri o'rganilish tarixi.
2. Ionlantiruvchi nurlarning ta'sir xillari va belgilari tahlili.
3. Stoxastik konsepsiya va uning mohiyati.
4. Kislorod effekti va *KKK*.

Test savollari

1. *Gamma* va *rentgen* nurlaridan himoya qilish uchun foydalaniladigan to'siqlarni tayyorlashda qo'llanadigan 3 xil material turlarini ayting:

1. Qo'rg'oshin.
2. Temir.
3. Beton;
4. Organik shisha.
5. Plastmassa.
6. Alyuminiy.

2. *Beta*-nurlanishdan himoyalash uchun himoya to'siqlarni tayyorlashda qo'llanadigan 2 material to'rini ko'rsating:

1. Alyuminiy.
2. Plastmassa.
3. Temir.
4. Qo'rg'oshin.

3. *Ochiq ionlantiruvchi nurlanish manbalari bilan ishlashdagi 3 ta sinfni ko'rsating:*

- 1-sinf — yuqori darajadagi radiatsion xavf.
 - 2-sinf — radiatsion xavfning o'rta darajasi.
 - 3-sinf — past darajadagi radiatsion xavf.
 - 1-sinf — past darajadagi radiatsion xavf.
 - 2-sinf — yuqori darajadagi radiatsion xavf.
 - 3-sinf — radiatsion xavf yo'q.
4. *Nurlanishning 3 ta somato-stoxastik ta'sir samaralarini ko'rsating:*
1. Umrning qisqarishi.
 2. Leykemiya.
 3. Xavfli o'smalarning paydo bo'lishi.
 4. O'tkir nurlanish kasalligi.
 5. Surunkali nurlanish kasalligi.
 6. Nurlardan maxalliy jarohatlarning kelib chiqishi.
5. *Nurlarning asosiy biologik ta'sir samarasi 4 ta omilga bog'liqligini ko'rsating:*
1. Nurlarning turi.
 2. Nurlanish turi.
 3. Nurlanish energiyasi.
 4. Hujayralarda hosil bo'ladigan N, ON, NO₂ radikallarining ta'siri.
 5. Nurlanish vaqtidagi organizmning holati.
 6. Foydalanilayotgan jihozlar.
 7. Radioaktiv izotop turi.
 8. Foydalanilayotgan ionlantiruvchi nurlanishning tabiati.

Mavzu: Inson tanasiga radionuklidlarning kirish yo'llari, organizmga radionuklidlarning tarqalishi, zararlanish darajasi. Inkorporatsiya qilingan radionuklidlar zararlashining oldini olish va davolashda qo'llash yo'llari

Reja:

1. Radionuklidlar, ularning turlari va tarqalishi.
2. Radionuklidlarning organizmga kirishi, tarqalishi va zararlanish darajasi.
3. Radionuklidlardan davolashda foydalanish.

Tayanch so'zlar: element, radionuklidlar, inkorporatsiya, kritik organ, qalqon-simon bez maksimum, jigar, ichak, buyrak, skelet, muskul.

Hozirgi davrda inson nafaqat qo'shimcha tashqi nurlanishga, balki inkorporirlangan radioaktiv moddalar ta'siriga ham beriluvchan hisoblanadi. Organizmga tashqi muhitdan kirgan radionukleotidlar ta'sirida yuzaga keladigan radiobiologik effektlarni miqdoriy baholash o'ta muhim va mustaqil muammolardan sanaladi. Ushbu muammolarning kompleks yechimi bilan radiatsion gigiyenistlar, radiotoksikologlar va fizik dozimetristlar shug'ullanadi.

D.I. Mendeleev davriy jadvalining o'rta qismida joylashgan 36 ta elementdan (*ruxdan tortib gadoloniya qadar*) iborat 200 radioaktiv izotoplar aralashmasidan iboratdir. Organizmga tushganda ular moddalar almashinuvi jarayonida turg'un elementlar o'rnini egallaydi va parchalanganda qo'shni guruh elementlarini hosil qiladi. Bunday transmutant effektlar, shuningdek, zarrachalar va neytronlar emissiyasi natijasida kimyoviy o'zgarishlarning vujudga kelishi organizm tomonidan yutilgan radionuklidlarning dozasi va yarim parchalanish vaqtiga bog'liq holda yadroviy portlash mahsulotlarining biologik ta'siridagi o'ziga xosliklarni belgilab beradi.

Radionuklidlar (radioaktiv kimyoviy element izotoplari) — tarkibida vaqt o'tishi davomida parchalanish xossasini namoyon qiluvchi, beqaror holatdagi yadroga ega bo'lgan kimyoviy elementlar hisoblanadi.

Yer biosferasi tarkibida ~80 dan ortiq tabiiy radionuklidlar mavjud bo'lib, **birlamchi** va **kosmogen radionuklidlar** guruhlariga ajratiladi.

Birlamchi radionuklidlar — o'z navbatida, yarim parchalanish davri 3×10^{-7} -yildan (masalan, $^{212}_{84}Po$) $1,41 \times 10^{10}$ -yilgacha (masalan, $^{232}_{90}Th$) bo'lgan 43 ta **og'ir radionuklidlar** va yarim parchalanish davri $1,3 \times 10^9$ – $1,4 \times 10^{21}$ yilni tashkil qiluvchi — **uzoq vaqt davomida mavjud bo'luvchi radionuklidlar** guruhiga ajratiladi.

Kosmogen radionuklidlar — asosan, atmosferada kosmik nurlanish ta'sirida hosil bo'luvchi, yarim parchalanish davri 37,3 minutdan (masalan, $^{38}_{17}Cl$) $7,4 \times 10^5$ -yilgacha (masalan, $^{26}_{13}Al$) bo'lgan, 20 ta radionukliddan tashkil topadi (3_1H , 7_4Be , $^{14}_6C$, $^{22}_{11}Na$ va boshqalar).

Odatda, tabiiy radionuklidlar — **og'ir** va **yengil radionuklidlar** guruhiga ajratiladi.

Yengil radionuklidlar guruhiga — 3_1H , $^{14}_6C$, $^{40}_{19}K$, kabi radioaktiv izotoplar kiritiladi.

Tritiy (3_1H) — yarim parchalanish davri 12,34 yilni tashkil qiladi.

Uglerod — tabiatda $^{14}_6C$ radioaktiv izotop shaklida uchraydi, Yarim parchalanish davri 5730-yilga teng, litosfera, biosfera, gidrosferada faol tarzda migratsiyalanish xossasiga ega hisoblanadi.

Kaliy — $^{40}_{19}K$ izotopining yarim parchalanish davri $1,28 \times 10^9$ -yilga teng, tuproq qatlamining tabiiy radioaktiv fonida muhim o'rin tutadi.

Og'ir radionuklidlar guruhi — $^{238}_{92}U$, $^{232}_{90}Th$, $^{226}_{88}Ra$, $^{210}_{84}Po$,

$^{208}_{82}Pb$, $^{222}_{86}Rn$ kabi radioaktiv izotoplardan tashkil topadi.

Uran — odatda, tabiatda 3 ta radioaktiv izotop: $^{234}_{92}U$, $^{235}_{92}U$ va

$^{238}_{92}U$ shaklida uchraydi. Ayniqsa, $^{238}_{92}U$ izotopi radiologik nuqtai nazardan muhim ahamiyatga ega bo'lib, yarim parchalanish davri $4,5 \times 10^9$ yilga teng, tabiiy radioaktiv fon tarkibida uran izotoplari asosan yer qatlamida tarqalgan.

Toriy — tabiatda 6 ta radioaktiv izotoplar shaklida uchraydi, radiologik nuqtai nazardan $^{232}_{90}Th$ izotopi muhim ahamiyatga ega hisoblanib, yarim parchalanish davri $1,41 \times 10^{10}$ yilga teng, tuproq qatlami tarkibida miqdori ~31,1 Bk/kg ni tashkil qiladi.

Radiy — asosan, 4 ta radioaktiv izotopga ega bo'lib, ulardan asosiysi $^{226}_{88}Ra$ hisoblanadi va uning yarim parchalanish davri 1622-yilga teng, tuproq qatlamida keng tarqalgan.

$^{226}_{88}Ra$ (*Radium*) elementi 26.12.1898-yilda **Mariya Sklodovskaya-Kyuri** va **Pier Kyuri** tomonidan aniqlangan bo'lib, 1910-yilda Andre De Bern bilan birgalikda toza holatda ajratib olingan. 1918-yilda Rossiyada Rentgen institutida radioaktiv elementlar, jumladan, birinchi navbatda radioaktiv $^{226}_{88}Ra$ (*radius-nur*) xossalari o'rganishga ixtisoslashtirilgan Radiy bo'limi tashkil qilingan. Tabiatda $^{226}_{88}Ra$ juda kam uchraydi, $^{235}_{92}U$, $^{238}_{92}U$ va $^{232}_{90}Th$ izotoplarining radioaktiv parchalanishi natijasida hosil bo'ladi.

Radioaktiv $^{226}_{88}Ra$ izotopi biologik organizmga favqulotda darajada xavfli ta'sir ko'rsatadi, jumladan suyak iligi hujayralarida to'planishi, osteoporoz, qon hosil qiluvchi hujayralar funksiyasi buzilishi, o'sma kasalliklariga olib kelishi aniqlangan.

Radioaktiv $^{226}_{88}Ra$ izotopining salbiy ta'siri aniqlanguniga qadar, undan pardo-andoz kukunlari va surtmalari tarkibida foydalanilgan.

Poloniy — tabiatda 7 ta radioaktiv izotopga ega bo'lib, ulardan biri — $^{210}_{84}Po$ yarim parchalanish davri 138,4 sutkaga teng, Yer



Tarkibida radioaktiv moddalar mavjud mahsulotlar

qobig'ini tarkibida uning o'rtacha konsentratsiyasi $\sim 2 \times 10^{-14} \%$ ni tashkil qiladi. Shuningdek, $^{210}_{84}\text{Po}$ mineral o'g'itlar tarkibida mavjudligi qayd qilinadi, jumladan, apatit tarkibida 30 Bk/kg ni tashkil qiladi.

Qo'rg'oshin — tabiatda 4 ta radioaktiv izotopga ega bo'lib, ($^{204}_{82}\text{Pb}$, $^{206}_{82}\text{Pb}$, $^{207}_{82}\text{Pb}$, $^{208}_{82}\text{Pb}$) tuproq qatlamida keng tarqalgan.

Radon — radiologik nuqtai nazardan $^{222}_{86}\text{Rn}$ izotopi muhim ahamiyatga ega bo'lib, yarim parchalanish davri 3,825 sutkaga teng.

Sun'iy radionuklidlar antropogen-texnogen tavsifda hosil qilinuvchi radioaktiv izotoplar hisoblanadi.

Tuproq qatlamida $^{59}_{26}\text{Fe}$, $^{65}_{30}\text{Zn}$, $^{90}_{38}\text{Sr}$, $^{95}_{41}\text{Nb}$, $^{137}_{55}\text{Cs}$, $^{226}_{88}\text{Ra}$, $^{232}_{90}\text{Th}$, $^{238}_{92}\text{U}$, $^{212}_{84}\text{Po}$ va boshqa radionuklidlar tabiiy radioaktiv foni belgilab beradi. Tuproq tarkibida radionuklidlar kation shaklida ion almashinuv tavsifidagi adsorbsiyalanish asosida organik va anorganik kolloid adsorbent moddalar bilan birgalikda qayd qilinadi. Bunda adsorbsiya jarayoni *freynclix tenglamasi* bilan ifodalanadi:

$$Q = mC^n$$

Bu yerda: Q — adsorbsiyalanuvchi modda miqdori; C — muvozanat holatidagi konsentratsiya; m va n — empirik o'zgarmas (*const.*) qiymatlarni ifodalaydi.

❖ Organizmga inkorporatsiya qilingan radionuklidlarning kirish yo'llari.

Radioaktiv moddalar organizmga 3 xil yo'l bilan tushishi mumkin. Suv, oziq — ovqat va teri, nafas yo'llari orqali. Radionukleotidlarning ingalyatsion yo'l orqali organizmga tushishi eng muhim va xavfli hisoblanadi. Bunga alveolalarning juda katta nafas olish yuzasiga egaligi sabab bo'lib, uning maydoni 100 m^2 (*teri yuzasiga nisbatan 50 barobar ko'p*) teng.

Havoning radioaktivligi uning tarkibida chang, tuman yoki tutun shaklidagi radikativ gaz yoki aerzollarning bo'lishi bilan belgilanadi. Nafas olish tizimida tutib qolingan radionukleotidlarning miqdori zarracha o'lchamiga, nafas olish chastotasi va daqiqalik hajmiga bog'liq.

Nafas olish yo'llarida tutib qolingan radionukleotidlarning keyingi taqdiri radioaktiv zarrachalar o'lchami, ularning fizik — kimyoviy xossalari va organizmda harakatlanish xususiyatiga bog'liq. Yaxshi eriydigan moddalar tezlik bilan qon aylanish-doirasiga rezorbsiyalanadi (*so'riladi*), keyin moddalar almashnuvi jarayonida organizmning maxsus organlariga to'planadi yoki tashqariga chiqariladi. Yuqorigi nafas olish yo'llariga ushlab qolingan erimaydigan yoki qiyin eriydigan moddalar u yerdan so'lak orqali oshqozon-ichak sistemasiga tushadi va ichak orqali organizmga so'riladi. O'pka to'qimasi alveolalarida tutib qolingan zarrachalar fagotsitlar tomonidan ma'lum darajada yo'q qilinadi yoki limfotik tugunlarga migratsiyalanadi.

Harakatlanmaydigan va yashovchanligi past ko'rsatgichni tashkil etgan radionukleotidlar nafas olish orqali nafas olish a'zolariga to'planib, ularning kritik organgan aylanishiga sabab bo'ladi. Yuqori transportabellikka ega moddalar yarim parchalanish davriga muvofiq, o'pka to'qimalarining o'zidayoq so'riladi, shuningdek, oz miqdorda ovqat hazm qilish a'zolari orqali so'rilib, qonga o'tadi. Radionukleotidlarning oragnizmga kirish uchun ikkinchi yo'l bu suv va ozuqa orqali kirishidir. Ozuqa moddalar tabiiy radioaktiv moddalardan tashqari ozuqa zanjiri orqali o'simliklarga ulardan hayvonlarga va nihoyat oziq ovqat mahsulotlariga o'tirishi orqali oragnizmga kirib boradi. Radionukleotidlarning

keyingi holati organizmning pH muhitiga bog'liq bo'ladi. Masalan, radionukleotidlarning ko'pchiligi eruvchan birikmalar — ishqoriy-yermetallar va transuran elementlari, jumladan, plutoniy, ichakning ishqoriy ko'rsatgichida erimaydigan gidrooksidlarga aylanadi. Katta qismi «tranzit» holatida ichakdan chiqarilsa-da, qolgan qismi organizm uchun xavfli bo'lib qoladi. Ba'zi hollarda radioaktiv moddalar ichakda radiatsiya chiqaradi, ajralgan a va b ichak devorini zararlasa, gamma nurlari qorin va ko'krak sohasidagi a'zolari zararlardi. Natijada oshqozon-ichak kritik organga aylanadi.

Inson tanasidagi organlar qachon kritik organ hisoblanadi? Qachonki:

- a) eng katta dozani qabul qilsa yoki ko'p miqdorda radionukleotid tutsa;
- b) organizm normal faoliyat yuritishida muhim hisoblansa;
- c) eng katta radiosezigirlikka ega bo'lsa, kichik dozalarda ham nurlansa.

Bitta organning turli qismlari turlicha nur sezgirlikiga ega bo'ladi, bu ayniqsa inkorporirlangan radionukleotidlarda seziladi. Masalan, terining bazal qavati, ichak kriпти epiteliysi, bronxlar epiteliysi va skelet osteoblasti radionukleotidlar ta'srida beriluvchan hisoblanadi.

Shu kunlarga qadar radionuklidlarning teri orqali organizmga kirishi mumkin emas deb kelingan. Biroq so'nggi vaqtlarda ular ham suyuq va gaz holatda bo'lganda teri orqali kirishi isbotlandi. Masalan, tritiy oksidi bug'lari va gazsimon yodning organizmga zararlanmagan teri orqali kirish tezligi bu moddalarning nafas organlari orqali kirishi bir xil bo'lsa, plutoniyning eruvchan birikmalari bilan zararlangan teri orqali kirishi oshqozon ichak orqali kirish tezligi bilan bir xil bo'ladi. Olimlar radonli vanna qo'llaganda 20 minut ichida organizmga 4 % radon kirishini aniqlashgan.

Teri o'tkazuvchanligi turli kimyoviy moddalar ta'sir ettirilganda oshadi. Bu esa teri orqali radionukleotidlarni kirishiga imkoniyat beradi. Radionukleotidlarning teri orqali kirishiga terining namligi va harorati ham ta'sir ko'rsatadi. Teri orqali kirgan radionukleotidlar

tez tarqaladi va teridagi qon tomirlar orqali butun tanani zararlardi. Tekshirishlarga asosan, terining nurlanishini baholash 50—150 mkm chuqurlikda joylashgan, o'zak va proliferatsiyalanuvchan hujayralar joylashgan epidermisning qavati qabul qiladigan doza miqdori bilan chegaralanadi.

Ichak organlarning radionuklidlar bilan radiatsion zaralanishida ularning teri orqali ham, nafas olish organlari orqali ham, oshqozon-ichak yo'li orqali ham kirishi bir xil effektida bo'lishiga olib keladi.

❖ Radionuklidlarning organizmga tarqalishi.

Organizmga kirgan radionukleotidlarning keyingi taqdiri ularning xossalriga va kimyoviy tarkibiga bog'liq bo'ladi. Ularning ba'zilar eritmalar holida siydik bilan birga tashqariga chiqariladi, ba'zilar esa organizmda ma'lum muddatda tutilib qoladi.

Organizmga radionukleotidlar taqsimlanishining uchta asosiy tipi farqlanadi: skelet, retikuloendotelial va diffuz. Birinchi tipga ba'zi ishqoriy-yermetall elementlari — kalsiy, stronsiy, bariy va radiylarni skeletning mineral qismiga joylanishi va plutoniy hamda toriyning ba'zi birikmalarining suyak to'qimasida tutib qolishini kiritiladi. Retikuloendotelial tarqalish asosan nodir Yer elementlari (*seriy, prazeodim va proletiy, shuningdek, tsink, toriy, ameritsiy va transuran elementlari*) nukleotidlar hisoblanadi. Diffuz tip bo'yicha ishqoriy-yermetallari — kaliy, natriy, seziiy, rubidiy, shuningdek, vodorod, azot, uglerod, poloniy va boshqa element nuklidlar tarqaladi. Shuningdek, ba'zi nuklidlar tanlab tarqalish xususiyatiga ega. Masalan, yod izotoplari faqatgina qat'iy ravishda qalqonsimon bezda to'planadi. Aniqlanishicha, «organotrop» radionukleotidlar «diffuz» radionuklidlarga qaraganda xavfliroq hisoblanadi. Chunki to'qimalarda ular ko'p miqdorda uchraydi va bunga mos ravishda to'qima dozasi ham yuqori ko'rsatgichni tashkil qiladi.

Radionuklidlar organizmga tarqalganda shunday to'qimalarga ushlanib qoladiki, bu to'qimalar ushbu nuklidlarga kimyoviy tarkibi bo'yicha o'xshash turg'un elementlar bo'lgani bilan farqlanadi. Hozirgi vaqtda inson organ va to'qimalarining kimyoviy tarkibi yaxshi o'rganilganligini hisobga olgan holda u

yoki bu radionuklidning qaysi organ va to'qimada to'planishini aytib berish mumkin.

Radionuklidlarning hujayralararo suyuqliklardan organlarga o'tishi ma'lum masofa va vaqt oralig'ida sodir bo'lib, tadqiqotlar ko'rsatishicha, bu vaqt ancha katta ko'rsatgichni tashkil qiladi. Masalan, qon plazmasida skeletga o'tadigan stronsiy va kaltsiydan 4–10 soatda tozalanadi. Organizmga vena qon tomiri orqali kiritilgan yod qalqonsimon bezda bir necha minutdan so'ng aniqlanadi, uning qondan to'liq qalqonsimon bezga o'tishi 10–15 soatda yakunlanadi. Qon oqimidan uran 12 soatda chiqariladi.

Yuqorida qayd qilinganidek, organizmda radionuklidlarning makro tarqalishlaridan tashqari ularning inson va hayvonlar organ va to'qimalarida mikro tarqalishlar ham mavjud. Avtoraliografiya metodida osteotrop elementlar – stronsiy va radiy, asosan, naysimon suyaklarning o'suvchi qismida to'planib, u yerda notekis taqsimlanish hisobiga «issiq» nuqtalar hosil qilishi ko'rsatib berildi. Ushbu xildagi notekis taqsimlanish boshqa organlarda ham kuzatiladi. Masalan, plutoniy va toriy o'pkalarda, skeletda, jigarda; yod qalqonsimon bezda taqsimlanishiga olib kelishi aniqlangan.

To'qimalarda radionuklidlarning mikro notekis taqsimlanishiga maxsus patologik jarayonlar, masalan jigar sirrozlari, o'pkalardagi skleroz holati va suyak to'qimalaridagi o'zgarishlar, jumladan, osteosarkomalarning nobud bo'lishi sabab bo'ladi.

Organizmga kirgan radionuklidlar organlarda quyidagi tartibda joylashadi: qalqonsimon bez maksimum, jigar, ichak, buyrak, skelet, muskul. Organizmdagi radionuklidlarning radioaktivlik ko'rsatgichi izotoplarning parchalanishi natijasida pasayib ketadi. Masalan, itlarda o'tkazilgan tajribada parchalanish mahsuloti kiritilgandan so'ng, 6–8 soat o'tgach, radioaktivlik ko'rsatgich dastlabkisiga qaraganda bir necha foizga kamaygan. Marshal orolining jabr ko'rgan aholisida radioaktiv mahsulotlarning miqdori 82 kunga kelib, 57 barobar kamayganligi aniqlangan.

Organizmdan nuklidlarning chiqarish bo'yicha organlar bir muncha o'zgacharoq tartibda joylashgan: qalqonsimon bez maksimum, jigar, buyrak, qora taloq, teri, muskul, skelet. Bunda organlar tomonidan yutilgan dozalar ko'rsatgichi bo'yicha farqla-

nadi (10 dan 10000 gacha). Masalan, yadroviy parchalanish mahsulotlar 36 soat «yosh» itlarga yuborilganda qalqonsimon bez, ichak, jigar va skeletlardagi dozalar nisbati quyidagiga teng bo'lgan: 1000: 100: 10: 1. Organlarda radionuklidlar notekis taqsimlanligi uchun bu nisbatdagi farqlar oshib boradi, bu radioavtografiyada kuzatilgan.

Yadroviy portlash mahsulotlari bilan zararlanishning xavfli ko'rinishi, bu kasallikning surunkali formaga o'tishi va o'limidir. O'limga olib keluvchi asosiy sabablardan biri oshqozon-ichak yo'li va nafas olish organlarining zararlanishi bo'lib, natijada organizmning suvsizlanishi, tuz miqdorining kamayishi va intoksikatsiya kuzatiladi. Boshqa organlarda destruktiv o'zgarishlarning yuzaga kelishi o'tkir tomir yetishmovchiligining rivojlanishiga sabab bo'ladi.

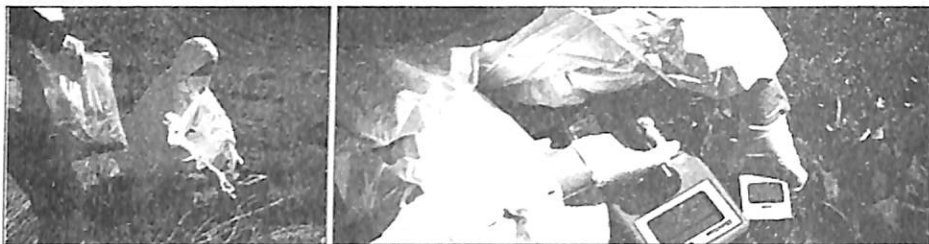
Qayta tiklanish jarayonlari yadroviy parchalanish mahsulotlari organizmga tushgan vaqtidanoq boshlanadi, biroq ular nurlanish jarayoni bilan bir vaqtda kechadi va jarayonning qanday yakunlanishi organizmning holati hamda nuklidlarning fizikaviy xossalari bog'liq.



4-rasm. Oziq-ovqat mahsulotlar sifatini nazorat qilish

Tuproq tarkibida mavjud bo'lgan $^{90}_{38}\text{Sr}$ va $^{137}_{55}\text{Cs}$ radioaktiv izotoplarining qishloq xo'jaligida yetishtiriluvchi oziq-ovqat mahsulotlari tarkibida radionuklidlar shaklidagi konsentratsiyasini kamaytirish maqsadida tuproq qatlamida kimyoviy melioratsiya chora-tadbirlari o'tkazilishi maqsadga muvofiq hisoblanadi. Jumladan, Ca_2CO_3 va shuningdek, organik o'g'itlar ta'sirida tup-

roq muhiti neytral holatga o'tishi, o'z navbatida unumdorlik ortishi va radionuklidlarning o'simliklarga so'rilishi sezilarli darajada kamayishi aniqlangan.



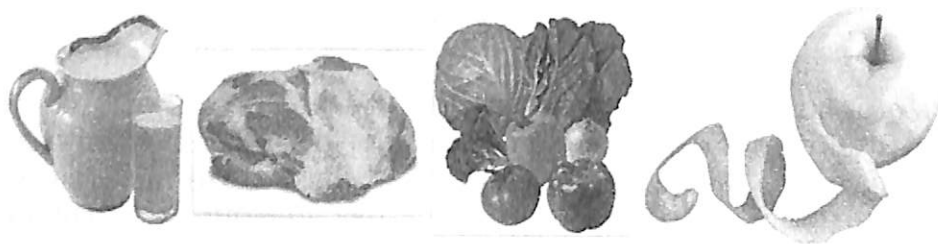
5-rasm. Zararlangan zonada ishlash

Qishloq xo'jaligi oziq-ovqat mahsulotlari tayyor iste'mol mahsuloti sifatida qayta ishlanish (yuvish, tozalash, pishirish va hakoza) jarayonida tarkibidagi radionuklidlar konsentratsiyasi sezilarli darajada kamayadi.

Masalan, kartoshka, pomidor, bodiring kabi oziq-ovqat mahsulotlarini tozalash va suv oqimida yaxshilab yuvish natijasida, shuningdek, karamning tashqi ikkita qavati olib tashlanganda ularning tarkibidagi radionuklidlar miqdori ~5 martagacha, lavlagi, sabzi kabi ildizmevalar tashqi po'sti tozalab yuvilganda esa ~15–20 martagacha kamayishi aniqlangan.

Shuningdek, sabzi, lavlagi, sholg'om kabi mevalar tarkibida 80% gacha radioaktiv izotoplar aynan, mevaning 1–1,5 sm yuqori qismida to'planishi aniqlangan.

Ularni iste'mol qilishga tayyorlashdan oldin ushbu qismni kesib tashlash tavsiya qilinadi.



6-rasm. Antioksidant mahsulotlar

Ayrim meva va sabzavotlar, jumladan, lavlagi, sabzi, baqlajon, o'rik, behi, gilos, nok, zaytun mevasi, limon, mandarin, apelsin, shaftoli, qovun, tarvuz odam organizmida radionuklidlardan tozalovchi xususiyatga ega hisoblanadi.

Tarkibida kaliy moddasi ko'p bo'lgan oziq-ovqat mahsulotlari organizmida radioaktiv $^{137}_{55}\text{Cs}$ izotopi to'planishiga qarshilik ko'rsatishi aniqlangan. Shuningdek, tarkibida kalsiy moddasi ko'p bo'lgan oziq-ovqat mahsulotlari odam organizmida $^{90}_{38}\text{Sr}$ izotopi to'planishiga qarshilik ko'rsatadi. *A*, *E*, *S* vitaminlar esa, antioksidant ta'sir faolligi orqali odam organizmida radionuklidlarning radiatsion nurlanishni keltirib chiqaruvchi salbiy ta'sirini susaytiradi.



7-rasm. Qishloq xo'jaligida xavfsizlik

Radionuklidlarning odam organizmidan chiqarib yuborilishida parhez usuli muhim ahamiyatga ega hisoblanadi. Ochlik holatida odam organizmida to'qima hujayralarining bo'linish tezligi susayadi va nuklein kislotalarning reparatsiya mexanizmini faollashtiruvchi fermentlar funksiyasi kuchayadi.

Shuningdek, ovqat ratsioni tarkibida bodom, yong'oq, suli, yasmiq, olma, loviya, oshqovoq, dengiz karami organizmni radiatsion izotoplardan tozalovchi ta'sir ko'rsatishi aniqlangan.

Qoraqat (*Ribes*) mevasi tarkibida yuqori konsentratsiyada *C* vitamini mavjud bo'lib, odam organizmi immunitetini kuchaytirishi, infeksiyon kasalliklar ta'siridan himoyalashi aniqlangan. Ayniqsa, qizil qoraqat tarkibida *A*, *C*, *E* vitamini, flavonoidlar radiatsion nurlanish xavfi ortishi, antioksidant ta'sir faolligiga egaligi qayd qilinadi.

Qand, lavlagi, quritilgan o'rik, qoraqat mevasi, petrushka radionuklidlarning odam organizmiga so'rilishiga qarshilik ko'rsatadi.

Sut va sut mahsulotlari, ayniqsa, tvorog odam organizmida izotopning chiqarib yuborilishida muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

Mol go'shti tarkibida radioaktiv izotoplar sezilarli miqdorda yig'ilishi, ovqat ratsioni tarkibida esa kamayishi aniqlanadi.

Tabiiy uzum vinosi va bug'doy spirtidan, yuqori darajada tozalash texnologiyasi yordamida tayyorlangan spirtli ichimliklarni organizm salomatligi uchun zararli hisoblanmagan me'yoriy miqdorda iste'mol qilinishi ham radiatsion nurlanish va radionuklidlarning zararli ta'siridan himoya qiluvchi ta'sir ko'rsatishi aniqlangan.

Odam organizmini radiatsion nurlanish ta'siridan himoya qilishda **J. Shishko** tomonidan na'matak damlamasi, qarag'ay novdalari damlamasi ijobiy ta'sir ko'rsatishi qayd qilingan.



8-rasm. Shifobaxsh mevalar

Meva sharbatlari odam organizmida radionuklidlarning chiqarib yuborilishida samarali ta'sir ko'rsatishi aniqlangan.

Aktivlashtirilgan ko'mir tabletkasi organizmdan radionuklidlarni chiqarib yuborishda foydalaniladi. Shuningdek, kashtan mevasi damlamasi, bargizub, qayin novdasi damlamasi, ko'k choy, asal radiatsion nurlanish ta'sirida odam organizmini himoya qilishi aniqlangan.

Bundan tashqari, tarkibida kremniy mavjud bo'lgan sorbentlardan (masalan, montmorillonit) foydalanib, radionuklidlarni organizmdan chiqarib yuborish mumkin.

1924-yilda **J. Xevyoshi** tomonidan $^{214}_{83}\text{Bi}$ izotopi yordamida tajriba hayvonlarida gemotsirkulyatsiya jarayoni o'rganilgan. 1927-yilda **Blumgard** va **Weiss** tomonidan yurak kasalliklarida gemodinamika holatini baholash uchun radon gazidan foydalanilgan va **radionuklid diagnostika** sohasiga asos solingan.

Hozirgi vaqtda tibbiyotda radionuklid diagnostika uslubidan keng miqyosida foydalaniladi.

Masalan, organizmga radioaktiv yod izotoplari ($^{125}_{53}\text{I}$ yoki $^{131}_{53}\text{I}$) kiritiladi va **gamma-tomograf (stsintigraf)** asbobi yordamida «nishonlangan» atomlarning joylashish holati aniqlanadi va olingan natijalar asosida qalqonsimon bezning funksional holatiga tashxis qo'yiladi.

Nazorat uchun savollar:

1. Radionuklidlar va ularning xossalari.
2. Radionuklidlarning organizmga kirishi va tarqalishi.
3. Radionuklidlarning organizmga ta'sir etishi va qoldiq mahsulotlar.
4. Radionuklidlarning harakatlanishini o'rganish va aniqlash.
5. Inkorporatsiya qilingan radionuklidlarni radiobiologik baholash. Yadroviy bo'linish mahsulotlaridan zararlanishning ahamiyati.

Test savollari

1. Stronsiy organizmga tushganda qaysi organlarda to'planadi?
 - A. Mushaklarda.
 - B. Qalqonsimon bezda.
 - C. Buyraklarda.
 - D. Jigarda.
 - E. Skeletda.
2. Yod organizmga tushganda qaysi organda to'planish xususiyatiga ega?
 - A. Skeletda.
 - B. Jigarda.
 - C. Qalqonsimon bezda.
 - D. Buyraklarda.
 - E. Mushaklarda.
3. Seziy organizmga tushganda qaysi organlarda to'planadi?
 - A. Skeletda.
 - B. Mushaklarda.

C. Jigarda.

D. Buyraklarda.

E. Qalqonsimon bezda.

4. Yuqori radiosezigirlikka ega bo'lgan organlarni ayting:

A. Suyak to'qimasi.

B. Mushak to'qimasi.

C. Jigar.

D. Gonadalar.

E. Qizil suyak ko'migi.

5. Umumiy radiatsion fonni tashkil qiluvchi 3 manbani ko'rsating:

A. Tuproqning radioaktiv ifloslanishi.

B. Tabiiy radiatsion fon.

C. Havoning radioaktiv ifloslanishi.

D. Texnologik o'zgargan tabiiy radiatsion fon.

E. Su'niy radiatsion fon.

Mavzu: Organizm, organ va to'qimalarning radiosezigirliigi.

Kritik organlar. Radiatsion alomatlar: ilik-miya, oshqozon-ichak, serebral.

Nur xastaligi. O'tkir va surunkali nur xastaliklari

Reja:

1. Radiosezigirlik. Organ va to'qimalarda radiosezigirlik. Kritik organlar.

2. Nur xastaligi. Radiatsion alomatlar: ilik-miya, oshqozon-ichak, serebral.

3. Tashqi ionlanuvchi nurlanish ta'sirida kelib chiqadigan shikastlanishlar. Nur xastaligini davolash va oqibatlari.

Tayanch so'zlar: radiosezigirlik, nurlanish dozasi, onkologik kasalliklar, somatik ta'sir effekti, genetik ta'sir effekti, boshlang'ich davr, yashirin davr, kuchayish davri, qayta tiklanish davri.

Radiatsion nurlanish ta'siriga sezgirlik (radiosezigirlik) – bu hujayra, to'qima va biologik organizmning ionlashtiruvchi nurlanish ta'siriga ko'rsatuvchi javob reaksiyasining namoyon bo'lish darajasi hisoblanadi. Radiosezigirlik o'lchov birligi sifatida **nurlanish dozasi (Gr)** qiymatidan foydalaniladi.

Radiosezigirlik xossasi **biologik turlarda** va shuningdek, organizmlarda **yakka tartibda** o'zaro farqlanadi.

Turli xil biologik turlarning radiosezigirlik xossasini o'zaro solishtirishda LD_{50} qiymatidan foydalaniladi. LD_{50} – radiatsion nurlanish ta'sirida nurlanish olgan organizmlarning 50% qismi nobud bo'lishi qayd qilinuvchi doza hisoblanadi.

2002-yilda amalga oshirilgan tadqiqotlar davomida Chernobil atom halokati hududida qurilgan «sarkofag» ichki qismidan yig'ib olingan mikroskopik zamburug'lar tarkibida yuqori samaradorlikka ega bo'lgan antioksidant sistemasi aniqlangan.

Shifokor-jarroh **S.B. Goldberg** (Rossiya) radiatsion nurlanishning biologik ta'sirini tavsiflash uchun 75 mg radiy bromid ($RaBr_2$) tuzini tanasining yelka sohasiga ~3 soat davomida bog'lab qo'ygan va radioaktiv modda olib tashlangandan keyin teri sohasida qizg'ish tusli dog' hosil bo'lganligi, 2 kundan keyin nekroz jarayoni

boshlanganligi, 14 kundan keyin esa — yiringli yara hosil bo'lishini qayd qilgan.

1902-yilda radiatsion nurlanish ta'sirida teri o'sma kasalligi kelib chiqishi aniqlangan, shuningdek odam organizmida to'qima va organlarning nurlanish ta'sirida keskin o'zgarishi va o'limga olib kelishi mumkinligi qayd qilingan.

12-jadval

Odam organizmiga radiatsion nurlanishning ta'siri:

Yutilgan radiatsiya dozasi (Rad)	Ta'sir darajasi
O'limga olib keluvchi doza: 10 000 Rad (100 Gr)	Markaziy asab tizimi funksiyasi buzilishi oqibatida o'lim holati yuz beradi
1000–5000 Rad (10–50Gr)	Ichki organlarda (oshqozon-ichak tizimida) qon ketishi oqibatida, 1–2 haftadan keyin o'lim holati yuz beradi
300–500 Rad (3–5Gr)	Suyak iligi funksiyasi buzilishi oqibatida, nurlanish olgan 50% kishida 1–2 oydan keyin o'lim holati qayd qilinadi
150–200Rad (1,5–2Gr)	Birlamchi nurlanish kasalligi belgilari yuzaga keladi
100Rad (1Gr)	Bepushtlikka olib keladi
25Rad (0,25Gr)	Favqulodda darajada xavfli doza
10Rad (0,1Gr)	Gen darajasidagi mutatsiyalar
Yiliga 2Rad (0,02Gr)	«A» toifasiga kiritiluvchi, ya'ni bevosita radiatsion nurlanish obyektlarida ishlovchi ishchi-xodimlar uchun chegaraviy ruxsat etilgan doza
Yiliga 0,2 Rad (0,002Gr) (200 milliRad)	«B» toifasiga kiritiluvchi, ya'ni ishlab chiqarish obyektlarida radiatsion nurlanish ta'siri ehtimolligi mavjud sharoitda ishlovchi ishchi-xodimlar uchun chegaraviy ruxsat etilgan doza
Yiliga 0,1Rad (0,001Gr)	«B» toifasiga kiritiluvchi, ya'ni barcha aholi uchun chegaraviy ruxsat etilgan doza
Yiliga (0,1–0,2 rad)	Yil davomida tabiiy (kosmik va tabiiy) radiatsion fon ta'siri

Yiliga 3 Rad	Stomatologik rentgenografiya
Yiliga 30 Rad	Oshqozon-ichak tizimi rentgenoskopiyasi
1 mikro Rad	Kineskopli televizor ekranida bittaxokkey o'yinini ko'rish davomida
84 mikro Rad/soat	Samolyotda 8 km balandlikda uchish davomida

Radiatsion nurlanish ta'sirida odam organizmida — o'tkir va surunkali nurlanish kasalligi, katarakta, leykoz, anemiya, limfoma, miyeloma, qalqonsimon bez saratoni, nafas olish tizimi organlari o'sma kasalliklari, oshqozon-ichak saratoni, siydik pufagi saratoni, ko'krak bezi saratoni, tuxumdon va urug'don saratoni, teri saratoni, suyak saratoni, miya o'smasi va boshqa onkologik kasalliklar kelib chiqishi qayd qilingan.

Shuningdek, radiatsiya ta'sirida ma'lum vaqt o'tganidan keyin yuzaga keluvchi patologik holatlar — jumladan, jinsiy sistema funksiyasi buzilishi, katarakta, genetik o'zgarishlar qayd qilinadi.

Radiatsion nurlanish ta'sirida odam organizmida quyidagi ta'sir effektlari yuzaga keladi:

I. Somatik ta'sir effekti:

- Nurlanish kasalligi;
- Leykoz;
- O'sma kasalliklari.

II. Genetik ta'sir effekti:

- Gen mutatsiyalari;
- Xromosoma abberatsiyasi.

Odam organizmi uchun qisqa muddat davomida ~400–500 Ber radiatsion nurlanish olish o'lim holatiga olib kelishi qayd qilinadi.

Radiatsion nurlanish ta'sirida o'sma (saron) kasalligi kelib chiqish ehtimolligi darajasi yuqori hisoblanadi (5.4-jadval).

Radiatsion nurlanishdan keyin o'sma kasalliklarining barcha shakllari ~50–60 yil davomida to'liq namoyon bo'lishi qayd qilinadi. Radiatsion nurlanishning ma'lum muddatdan keyin yuzaga keluvchi ta'siri odam organizmida deyarli barcha organlarda

(ko'p hollarda suyak, qon, tuxumdon, oshqozon-ichak, qalqonsimon bezda) o'sma kasalliklari kelib chiqishi, genetik mutatsiyalar, turli xil kasalliklarga chalinishga moyillik darajasining ortishi (immunitet sistemasi barqarorligi keskin susayishi), bepushtlik, muddatidan oldin qarish jarayoni tezlashishi, ruhiy-asab sistemasi, aqliy rivojlanishning orqada qolishi kabi holatlar bilan ifodalanadi.

13-jadval

1945-yil Xirosima va Nagasaki shaharlariga atom bombasi tashlanganidan keyin o'sma kasalliklarining rivojlanish davri [Edward, 1998]

O'sma kasalligi turlari	Radiatsion nurlanish olgandan keyin, rivojlanish davri davomiyligi
Leykemiya (qon o'sma kasalligi)	5 yildan keyin
Qalqonsimon bez o'smasi	10 yildan keyin
Ko'krak bezi va o'pka saratoni	20 yildan keyin
Oshqozon, teri, ichak saratoni	30 yildan keyin

Shuningdek, radiatsiya nurlanishi ta'sirida odam organizmida oshqozon-ichak tizimi, markaziy asab tizimi, qon tizimi funktsiyasida jiddiy buzilishlar kelib chiqadi.

Nurlanish kasalligi — odam organizmiga belgilangan, ruxsat etilgan normal dozadan yuqori radiatsion nurlanish ta'sir ko'rsatishi natijasida yuzaga keluvchi, o'ziga xos kasallik belgilariga ega bo'lgan patologik holat hisoblanadi. Umumiy holatda nurlanish kasalligi organizmda qon hosil qiluvchi organlar, asab tizimi, oshqozon-ichak sistemasi funktsiyasi izdan chiqishi bilan tavsiflanadi.

Radiatsion nurlanish dozasi bog'liq holatda **o'tkir nurlanish kasalligi** va **surunkali nurlanish kasalligi** o'zaro farqlanadi.

O'tkir nurlanish kasalligi — qisqa vaqt davomida 1 Gr (100 Rad) qiymatdan yuqori bo'lgan radiatsiya nurlanishi ta'sirida yuzaga keluvchi patologik holat hisoblanib, **radiatsion toksemiya** (radiotoksinlar va suv molekulasini radiolizi mahsulotlarining organizmga salbiy ta'siri), **sitostatik effekt** (o'zak hujayralarning

bo'linish xossasi yo'qolishi), **radiatsion kapillyarit, funksional buzilishlar, skleroz, malignizatsiya** (radiatsiyaning onkomutagen ta'siri) rivojlanishi bilan tavsiflanadi. O'tkir nur kasalligi nurlanish dozasi qiymatiga bog'liq holatda quyidagi turlarga tasniflanadi: suyak iligi funktsiyasi izdan chiqishi (1–6 Gr), o'tish shakli (6–10 Gr), ichak tizimi funktsiyasi izdan chiqishi (10–20 Gr), toksemik shakl (20–80 Gr), serebral shakl (80–120 Gr). Shuningdek, 120 Gr dan yuqori radiatsiya nurlanishi ta'sirida o'tkir nurlanish kasalligi odam organizmida bevosita o'limga olib keladi.

Suyak iligi funktsiyasi izdan chiqishi bilan bog'liq o'tkir nurlanish kasalligi shakli — **boshlang'ich davr** (birlamchi javob reaksiyasi), **yashirin davr, kuchayish davri** va **qayta tiklanish** yoki **tuzalish davri** kabi bosqichlariga ajratiladi. O'tkir nurlanish kasalligi boshlang'ich davrida **laringit, faringit, enterokolit, bronxit, kon'yunktivit** kasalliklari rivojlanadi.

Radiatsion nurlanish ta'siriga chegaraviy darajada ta'sirchan organlarda morfologik o'zgarishlar yuzaga keladi. Jumladan, qalqonsimon bez hujayralarida — $^{131}_{53}I$, miokard, buyrak va jigar

hujayralarida — $^{137}_{55}Cs$, suyak iligi hujayralarida — $^{90}_{38}Sr$, $^{239}_{94}Pu$ radioaktiv izotoplari to'planishi aniqlangan. O'tkir nurlanish kasalligi ta'sirida o'sma kasalligi kelib chiqish davri 10–25 yilni tashkil qiladi.

Surunkali nurlanish kasalligi — uzoq vaqt davomida 1 Gr atrofidagi radiatsion nurlanish ta'sirida bo'lishi natijasida kelib chiqadi.

1940-yillarda amalga oshirilgan tadqiqotlarda **B. Rayevskiyva G. Kvastler** tomonidan radiatsion nurlanish dozasi qiymati oshirilishiga qaramasdan, ma'lum bir aniq diapazonda tajriba hayvonlarining radiatsion nurlanish ta'sirida o'rtacha nobud bo'lish muddati deyarli o'zgarmasligi aniqlangan. Bunda sichqonlar ustida o'tkazilgan tajribalarda radiatsion nurlanish dozasi bog'liq o'rtacha yashash davri davomiyligi egri chizig'ida 3 ta sohani yaqqol qayd qilish mumkinligi kuzatilgan va ushbu asosda, quyidagi radiatsion sindromlar ajratib ko'rsatiladi:

1. **Suyak iligi** (*qon hosil bo'lishi tizimi*) **radiatsion sindromi**;
2. **Oshqozon-ichak tizimi radiatsion sindromi**;
3. **Serebral** (*bosh miya*) **radiatsion sindrom**.

Bunday ko'rinishda radiatsion nurlanish ta'sirida pag'onasimon tarzda nobud bo'lish — bevosita, sutemizuvchilar organizmida radiatsion nurlanish ta'sirida funksional jihatdan ishdan chiquvchi «**chegaraviy darajada**» sezgir organlar (**critical organs**) va tizimlar mavjudligi bilan izohlaniladi. Ya'ni, radiatsion nurlanish dozasi diapazonining ma'lum bir sohalarida yuqori darajada sezgirlikka ega organlar mavjudligi qayd qilinadi.

Masalan, 10 Gr atrofidagi radiatsion nurlanish ta'siri sharoitida organizmda **suyak iligi** (*qon hosil bo'lishi sistemasi*) **radiatsion sindromi** yuzaga keladi. Bunda periferik qon sistemasida qonning shaklli elementlari ishlab chiqarilishi susayishi, 4–20 sutka davomida suyak iligi hujayralarining halokatli tarzda, morfo-funksional jihatdan keskin izdan chiqishi qayd qilinadi. Dastlabki bosqichlarda granulotsitopeniya, keyin esa — *trombotsitopeniya* jarayoni avj oladi, radiatsion sindromning so'nggi bosqichida *gemorragiya* kuchayadi va turli xil infeksiyalar ta'sirida organizmning nobud bo'lish ehtimolligi darajasi ortadi.

Oshqozon-ichak sistemasi radiatsion sindromi — radiatsion nurlanish ta'sirida sutemizuvchilarda oshqozon-ichak sistemasida epiteliy hujayralari funksiyasining izdan chiqishi bilan boshlanadi, o'z navbatida hujayralarda apoptoz dasturi ishga tushadi, qon tomirlar funksiyasi buziladi, ichak tizimi epiteliy hujayralari membranasi orqali tuzlar eritmalari so'rilishi muvozanati keskin izdan chiqadi, infeksiya zararlanish darajasi ortadi.

Serebral (*bosh miya*) **radiatsion sindrom** — yuqorida keltirilgan ikkita turdagi radiatsion sindromlardan keskin farq qiladi, chunki bosh miya asab hujayralari yuqori darajada differentsiallashgan hujayralar hisoblanadi. Serebral (*bosh miya*) radiatsion sindromi nisbatan yuqori qiymatdagi nurlanish dozasi ta'sirida yuzaga keladi, bu sindromning ko'pgina simptomlari o'rganilgan bo'lsada, molekulyar mexanizmlari batafsil holatda qayd qilinmagan.

1910-yilda **M.I. Nemenov** tomonidan radiatsion nurlanish ta'sirida organizmda immun sistemasi, jinsiy sistema funksiyasi,

embriogenez jarayoni jiddiy izdan chiqishi va muddatidan oldin qarish jarayoni kuchayishi aniqlangan.

Radiatsion nurlanish ta'sirida tajriba hayvonlarida *DNK* makromolekulalarida yuzaga keluvchi buzilishlar natijasida, xromosoma darajasidagi mutatsiyalar yuzaga kelish ehtimolligi darajasi keskin ortishi qayd qilingan. Jumladan, normal holatda *DNK* makromolekulasida turli xil omillar ta'sirida yuzaga keluvchi struktura tuzilishiga oid buzilishlarni qayta tiklashga qaratilgan — reperatsiya mexanizmining faolligi susayishi aniqlangan.

Tashqi ionlantiruvchi nurlanish ta'sirida kelib chiqadigan shikastlanishlar

«Nurlanish kasalligi»ning mexanizmi haqida olimlar o'z qarashlariga egadirlar. Bu haqda ingliz olimi *Li* aytadiki, tirik organizmda juda sezgir molekularlar bor. Ana shunday molekularlar asosan *DNK* bo'lib, ular «nishon» deyiladi. Agar radiatsion nur *DNK* molekulasiga urilsa nur kasalligi vujudga keladi deydi. Bu nazariya bir hujayrali organizmlar uchun tasdiqlanadi. Ammo ko'p hujayrali organizmlar uchun tasdiqlanmaydi. Keyingi nazariya tirik organizm nur kasalligiga chalinganida hujayra va to'qimalardagi yog'lar radioaktiv nur ta'sirida suv, vodorod peroksid, aldegid, keton va epoksid kabi zaharli moddalar hosil bo'lib, nur kasalligiga olib keladi deyiladi.

Odamning nurlanishdan zararlanishi tashqi nurlanish, radioaktiv moddalarning teriga tushishi, radionuklidlarning organizm ichiga tushishi (*inkorporatsiya*), turli tipdagi nurlanishlarning birgalikdagi ta'siri, radiatsiya va boshqa faktorlar (*jarohatlar, kuyish, yaralanish*)ning aralashgan holdagi ta'siri natijasi bo'lishi mumkin.

Tashqi nurlanishdan zararlanishni ta'sir etuvchi nurlarga ko'ra quyidagi turlarga bo'lishadi:

- * γ — yoki rentgen nurlardan zararlanish;
- * neytron nurlanishidan zararlanish;
- * proton nurlanishdan zararlanish.

Rentgen va nurlanish, hamda yuqori energiyali neytronlar yuqori o'tuvchanlik qobiliyatiga ega bo'lib, o'z yo'lidagi barcha

to'qimalarga zarar yetkazadi. Odam va hayvonlarni ushbu nurlar bilan mos dozalar bilan umumiy nurlatganda o'tkir nurlanish kasalligi paydo bo'ladi. Protonlar nurlanishi ancha kam o'tuvchanlik qobiliyatiga ega. Shuning uchun ular faqat teri qatlamlarini zararlantirishi mumkin.

Yutilgan doza taqsimlanishiga qarab organizmda umumiy va mahalliy zararlantirishlar paydo bo'ladi.

Radiatsion ta'sirning davomiyligiga qarab nurlanishdan zararlantirishning o'tkir va xronik (surunkali) shakllari bor. O'tkir nurlanish kasalligi uchun zararlantiruvchi doza bir hafta ichida olingan bo'ladi.

Agar nurlanish vaqti bir necha oy va yillarni tashkil etsa, zararlantirishning xronik shakli rivojlanadi.

Nurlanishdan zararlantirishning og'irligi asosan nurlanish dozasiga bog'liq. O'tkir nur kasalligi 1 Gr dozadan ko'proq tashqi nurlanish (rentgen va neytron) qisqa vaqt ichida olinganda rivojlana boshlaydi. Nurlanish dozasiga ko'ra, o'tkir nur kasalligining quyidagi shakllari bor (5-jadval):

14-jadval

Tashqi tekis nurlanish ta'sirida hosil bo'ladigan o'tkir nur kasalligining klinik shakllari va og'irlik darajasi

Doza, Gy	Klinik shakli	Og'irlik darajasi	Hayot uchun bashorat	O'lim %	Halok bo'lish muddati, kun
1-2	Suyak ko'migi	I (yengil)	Absolyut Yaxshi	0	-
2-4	Suyak ko'migi	II (o'rta)	Nisbiy Yaxshi	5	40-60
4-6	Suyak ko'migi	III (og'ir)	Ishonchsiz	50	30-40
6-10	Suyak ko'migi	IV (o'ta og'ir)	Yomon	95	10-20
10-20	Ichakli	IV (o'ta og'ir)	Mutlaq yomon	100	8-16
20-50	Toksemik (tomirli)	IV (o'ta og'ir)	Mutlaq yomon	100	4-7
50 dan ko'p	Serebral	IV (o'ta og'ir)	Mutlaq yomon	100	1-3

1 Gr dan kam nurlanishda kuzatiladigan klinik belgilar o'tkir nurli reaksiyalar deb ataladi. Ularga holsizlik, qayd qilish, neytrofillar va trombositlar sonining kamayishi kiradi.

1-10 Gr dozada nurlanganda o'tkir nur kasalligining suyak ko'migi shakli rivojlanadi. Bunda qon hosil qiluvchi to'qimalar zararlantiradi. Bunda infeksiyon asoratlar, qon oquvchanlik, anemiya paydo bo'lishi mumkin.

10-20 Gr dozadagi nurlanish ingichka ichak epiteliyasida zararlantirishlarga olib keladi. 20-50 Gr dozadagi nurlanish deyarli barcha parenximatov organlarning zararlantirishiga va natijada toksemiya rivojlanishiga sabab bo'ladi. 50 Gr dan katta nurlanishda markaziy nerv sistemasi zararlantiradi.

Nurlanish ta'sirida sutemizuvchi hayvonlar hayotining o'rtacha davomiyligi nurlanish dozasiga bog'liq. Ko'pchilik hayvonlar 1-1,5 Gr dozada o'lmaydi, 1,5-2 Gr dozada ayrimlari nurlanishdan 20-30 kun o'tgach o'ladi. Doza oshgan sari o'lishning ehtimolligi oshib, 4-6 Gr da deyarli 100% halok bo'lishadi, hayotning o'rtacha davomiyligi kamayadi. Dozaning yanada oshishi 100% tajriba hayvonlarining o'limiga olib keladi va 100-120 Gr oraliqda hayotning o'rtacha davomiyligi deyarli o'zgarmaydi va 4-6 kunga teng bo'ladi. 200-300 Gr dozalarda hayotning o'rtacha davomiyligi keskin kamayadi (1-2 kun). Minglab Gr larda hayvonlar birdaniga o'ladi.

Sutemizuvchilarning nurli o'limi turli biologik mexanizmlar natijasida ro'y beradi. 1,5-6 Gr oraliqda o'lim sababi qon hosil qilish organlarining zararlantirishi va qon tarkibining o'zgarishidir. 6-100 Gr oraliqda hayvonlar o'limi sababi hazm qilish organlarining zararlantirishi natijasi kelib chiqadi. Ingichka ichak epiteliyasining nurli zararlantirishi sababli uning to'siq funksiyasi buziladi, organizmga infeksiyalar kira boshlaydi, diareya, qon quyuqlanishi va kollaps ro'y beradi.

Yanada yuqoriroq dozalarda markaziy nerv sistemasi nurli zararlantirishi, nerv hujayralar yemirilishi va bosh miyaning qon bilan ta'minlashishi buziladi.

Tana bo'yicha notekis nurlanishda organizmning o'limi boshqa sabablar tufayli ro'y berishi mumkin. Teri 7 Gr dan yuqori dozada

kam o'tuvchi nurlar (masalan, — nurlar) bilan nurlanganda hayvonlarda o'tkir nur kasalining teri shakli hosil bo'ladi. Terining to'siq funksiyasi buzilishi, organizmning to'qimalar yemirilishi mahsulotlari bilan zaharlanishi va og'riq shoki o'limning sababi bo'ladi.

Bosh qismining 50–70 Gr dozada nurlanishi tufayli hayvonlarning og'zidagi shilliq pardalar og'ir jarohatlanadi. Ular ovqatlanolmaydi va suv icholmasligi sababli halok bo'ladi.

Nurlanish dozasi sohasiga qarab organizm o'limiga olib keluvchi kritik organlar tushunchasi kiritilgan. Kritik organdagi zararlanishlar shunday vaqtda ro'y beradiki, boshqa organlarda bu vaqtdagi zararlanishlar organizm uchun xavfli bo'lgan darajagacha rivojlanib ulgurmagani bo'ladi.

Shuning uchun, o'rtacha hayot davomiyligi bilan nurlanish dozasi orasidagi bog'lanish zinapoya shakliga ega. Halok bo'lishning bosqichli xarakteri kritik sistemalarning ishdan chiqishi bilan bog'liqligi umumbiologik qonuniyat bo'lib, hayvonlarda qo'llanilgan ko'plab tajribalarda isbotlangan.

Umumiy o'tkir nurlanishda 1,5–6 Gr dozada qon hosil qilish organlari kritik bo'lsa, 10–100 Gr oraliqda ingichka ichak epiteliysi, 100 gr dan yuqori dozalarda markaziy nerv sistemasi kritik organ bo'ladi.

Odam organizmining 2 Gr dan kattaroq dozalardagi birlamchi reaksiyasi qayt qilish, ishtahaning yo'qolishi, bosh og'rishi, umumiy holsizlanish, uyquga tortishdan iborat. Bu 1–3 kun davom etadi.

Kasallikning og'ir kechishini ko'rsatuvchi (umumiy doza 10 Gr dan oshganida) belgilarga qon bosimining pasayishi, hushni qisqa vaqtga yo'qotish, subfebril harorat, ich ketishi kiradi.

Periferik qonda nurlanishdan so'ng birinchi kunlarda neytrofil leykotsitoz, limfopeniya kuzatiladi.

Odamning suyak ko'migida miyelokariotsitlar sonining kamayishi, yosh hujayralarning yo'qolishi ro'y beradi.

Qon va siydik tarkibida 3–4 Gr dan yuqorida shakar va billirubinning oshishi va xloridlar miqdorining kamayishi aniqlanadi.

2–4 kundan so'ng birlamchi reaksiya belgilari yo'qoladi va kasallar holati yaxshilanadi. Kasallikning latent yoki yashirin bosqichi boshlanadi.

Bu bosqich zararlanish og'irligiga bog'liq bo'lib, odamlarda 14–32 kun davom etadi. 10 Gr dan katta dozalarda bu bosqich umuman boshlanmaydi.

Latent bosqichida sochlar tushishi va nevrologik simptomlar kuzatiladi. Qon analizida yaqqol limfopeniya, neyetrofillar, trombotsitlar soni kamayishi aniqlanadi. Suyak miyasida birinchi kunlardanoq aplaziya, 2–3 hafta ichida regeneratsiya belgilari kuzatiladi. Shu davrda tuxumdonlar atrofiyasi va spermatogenez susayishi paydo bo'ladi.

Latent bosqichning oxirida kasallar holati keskin yomonlashadi, holsizlik kuchayadi, temperatura oshadi, eritrotsitlar cho'kish tezligi ko'payadi. Kasallikning og'ir bosqichi boshlanadi. Gemorragik sindrom ro'y beradi: terida, shilliq pardalarda, hazm qilish yo'llarida, miyada, yurakda, o'pkada qon quyilishi ro'y beradi. Ushbu davrda bu jarayonlar kasallar hayoti uchun eng xavflidir.

Qonning tarkibi bu davrda asosan limfotsitlardan iborat. Bu bosqichda anemiya kuchaya boshlaydi. Suyak ko'migida va limfatik tugunlarda regeneratsiya boshlanadi. Qon hosil qilish sistemasida gipoproteinemiya va gipoalbuminemiya kuzatiladi, asosiy azot miqdori oshadi, xloridlar miqdori kamayadi. Moddalar almashinishidagi buzilishlar tufayli odam kamayadi. Davolanish natijasida kasallikning to'rtinchi bosqichi — tiklanish boshlanishi mumkin.

Ionlantiruvchi nurlanishning ichki organlarga tushishi natijasidagi zararlanishlar.

Atom energetikasidan foydalanish oshgan sari ionlantiruvchi nurlanish manbalari (radionuklidlar) ning atrof muhitda tarqalishi va ovqatlanish zanjirlari bo'ylab harakatlanishi muammosi paydo bo'ladi.

Organizm ichiga tushayotgan radionuklidlar uni ko'p davomli vaqt nurlantiradi. Bu shu dozadagi tashqi nurlanish bilan bir marta nurlanganga nisbatan kattaroq zararlanishiga sabab bo'ladi. Organizmga katta miqdordagi radionuklidlar tushishida o'tkir nur

kasalligi rivojlana boshlaydi. Bunda radionuklidlar qaysi organda ko'proq to'plansa, shu organ eng ko'p jarohatlanadi. Tashqi nurlanishdan farqli ravishda ichki nurlanishda organizmning o'zi to'qimalarda nur dozasi hosil qilishda qatnashadi. Bu radionuklidlarning organizm ichidagi harakati bilan bog'liq.

Masalan, 30% radioaktiv yod tana massasining 0,03% qismini hosil qiluvchi qalqonsimon bezda to'planadi, natijada unda nurlanishning yuqori letal dozasi hosil bo'ladi.

Ichki nurlanish nuklidning organizmdan chiqarilishigacha yoki nuklidning radioaktiv yemirilishi tufayli aktivligining kamayishigacha organizmni nurlantiradi.

Radionuklidlarning organizmdan chiqarilishi eksponentsial qonuniyatga bo'ysungan holda nuklidni organizmdan yarim chiqishi samarali davri tushunchasidan foydalaniladi:

$$T_{ef} = \frac{T_{ch} T_{1/2}}{T_{ch} + T_{1/2}}$$

Bunda T_{ch} — yarim chiqarish davri, $T_{1/2}$ — yarim yemirilish davri.

Tashqi nurlanishdan farqli ravishda ichki nurlanishda α va β -nurlarning xavfi oshadi. Radionuklidlar organizmga nafas olish, hazm qilish organlari va teri orqali tushadi. Nafas olish organlari orqali tushgan nuklidlar yutish natijasida nuklidlarga nisbatan ko'proq bo'ladi. Shikastlanmagan teri orqali nuklidlar tushishi hazm qilish yo'li bilan tushishga nisbatan 200–300 marta kam.

Kritik organga tushayotgan nuklidlar konsentratsiyasi nuklidlar tabiatiga va o'lchamlariga bog'liq. Radiatsion himoya xalqaro qo'mitasining hisobiga ko'ra aerozollar o'lchami 1 mkm bo'lganda nafas olishda tushgan nuklidlarning 35% nafas bilan chiqadi, 30% yuqori nafas olish yo'llarida o'tiradi, 25% o'pkaning alveolarida va 8% traxeyalarda o'tirib qoladi.

Kritik organlardan nuklidlarni biologik yarim chiqarish davri o'nlab kundan (tritiy, C_{14} , Na_{24}) cheksizgacha (stronsiy-90, plutoniy-239 ning to'la utilishi) bo'ladi.

Organizmga radionuklidlar tarqalishiga qarab uch guruhga bo'linadi: suyaklarda to'planadiganlari (ittriy-90, stronsiy-90, plutoniy-239 va h.), jigarda (poloniy-210, seriy-144 va h.), butun tanada to'planadigan (tritiy, Uglarod-14, seziiy-137 va h.).

Radionuklidlar organizmga tushishida ularni tezda chiqarish usullaridan foydalanish zarur. Buning uchun qayt qiluvchi preparatlar, nuklidlar adsorbentlarini berish, ko'p suv ichish kerak.

Odam organizmiga tushgan radionuklidlar inkorporatsiyalashgan nuklidlar deb ataladi. Yarim yemirilish davri 10-yildan ortiq bo'lgan radionuklidlarda kimyoviy toksiklik birinchi o'rinda, yarim yemirilish davri 10-yil bo'lgan nuklidlarda kimyoviy va nur toksikligi teng kuchli va yarim yemirilish davri ming yillar bo'lsa, radiatsion zarar eng katta bo'ladi.

β va γ -nurlar chiqaruvchi moddalarga nisbatan, nurli radionuklidlar bir marta ta'sirga nisbatan samaraliroq bo'ladi. Natijada bu nurlardan zararlanish kuchliroq bo'ladi.

Radionuklidlar homilador hayvonlarga tushishida ona organizmidan hosilaga o'tishi (fosfor-32, stronsiy-90) va embrionni zararlantirishi mumkin. Plutoniya-239 esa embrion plasentasida to'planadi va yuqori dozalarda embrionni halok qiladi.

Yaqin vaqtlargacha tibbiyotda homilador ayollarga yod-131 ni terapevtik davolash uchun kiritilishi hosilada 65 Gy gacha nurlantirish hosil qilgan va uning qalqonsimon bezining yemirilishiga olib kelgan.

Sichqonlarga homiladorlikning 19-kunida stronsiy-90 ning inyeksiyalari qilinganda nasl qoldirish funksiyasining buzilishi, fibroz va tuxumdonlar ichki qismining o'simtalarini paydo bo'lishi kuzatilgan.

Teri tagiga stronsiy-90 radionuklidi kiritilgan kalamushlarda terisklerozi, o'choqli fibroz, turli o'simtalar paydo bo'lgani kuzatilgan.

Nafas olish orqali o'pkaga tushgan radionuklidlar ta'sirida o'pka nurli pnevmoniyasi, alveolalar fibrozi va o'pka raki boshlanishi mumkin. Kemiruvchilar bilan o'tkazilgan tajribalarda o'pkada Gr ning har o'ndan biriga million hayvondan β va γ -nurlar uchun

10–50 tasi rakdan o‘lgan, α -nurlar uchun esa rak bo‘lganlari soni 600–1500 ta bo‘lgan.

O‘pka singari hazm qilish sistemasi ham radionuklidlarning organizmga tushishi va chiqarilishi yo‘lidir. Radionuklidlarning hazm qilish yo‘llarida shimilishi ularning qanday birikmada ekanligiga bog‘liq. Masalan, hazm qilish sistemasida plutoniy-238 ning shimilishi plutoniy nitratining shimilishidan 25 marta katta.

Radionuklidlarning uzoq vaqt tushishi natijasidagi surunkali nur kasalligida ko‘r, sigmasimon va to‘g‘ri ichaklarda yaralar, shamollashlar paydo bo‘lgan. Kasallikning surunkali bosqichida hayvonlarning bir qismi nefroskleroz, jigarning distrofik va sklerotik o‘zgarishlaridan o‘lgan. Patologik jarayonga yaqin yotuvchi arteriyalar ham yo‘liqadi.

Yurak – tomirlar sistemasi radionuklidlar bilan nurlanganida kapillyar tarmoqlar, vena bo‘limi va arteriya tarmoqlari buziladi. Kalamushlar organizmiga radionuklidlar kiritilganda uzoq muddatda gipofiz o‘simtasi hosil bo‘lgani tajribalarda isbotlangan. Ichki nurlanish ta‘sirida buyrak tomirlari va parenximasida zararlanishlar aniqlangan. Qon tizimi orqali radionuklidlar suyaklarda to‘planishi mumkin. Nurlanishning kichik dozalarida ham yosh hayvonlar kalla suyaklari o‘sishi kamaygan, tos suyaklari o‘lchamlari va shakli o‘zgargan.

Nazorat savollari:

1. Ionlantiruvchi nurlar va ularning guruhlanishi.
2. Organizmning nurdan zararlanishi va uning nurlanish sabablari.
3. Nurlanish ko‘rsatgichlari va zararlash ko‘rsatgichlarining tahlili.
4. Nur xastaliklari va kasbga bog‘liq nurlanish kasalliklari.
5. Nurlanishga qarshi organizmlarga organlar tizimidagi o‘zgarishlar.

Test savollari

1. 6 Gr nurlanish ta‘sirida har 1 sm³ biologik to‘qima tarkibida ionizatsiya ta‘siriga uchraydigan moddani va miqdorini ko‘rsating
- A. Suv, 10¹⁵ dona.
B. Oqsil, 10¹⁵ dona.
C. Suv, 10¹⁰ dona.
D. DNK, 10¹⁰ dona.

2. 1906-yilda ishlab chiqilgan va quyidagicha ta‘riflangan prinsip va uning asoschisini belgilang.

Ta‘rif: Hujayralar qanchalik darajada tez bo‘linsa, mitoz sikli davomiyligi qanchalik uzoq vaqtni o‘z ichiga olsa va shuningdek, hujayralar qanchalik darajada kamroq differentsiyalangan bo‘lsa, demak radiatsion nurlanish ta‘siriga shunchalik darajada yuqori sezgirlik xossasini namoyon qiladi.

A. J. Bergone va L. Tribonodo, Bergone-Tribonodo prinsipi.

B. R. Sirkle, chiziqli tavsifda uzatilishi prinsipi.

S. J. Bergone va R. Sirkle, radiosezgirlik prinsipi.

D. J. Bergone va L. Tribonodo chiziqli tavsifda uzatilishi prinsipi.

3. Radiatsion nurlanish ta‘sirida odam organizmida yuzaga keladigan effektlarga mos tushadigan javoblarni ajrating.

I. Somatik ta‘sir effekti, II. Genetik ta‘sir effekti:

A. Nurlanish kasalligi.

B. Xromosoma abberatsiyasi.

C. O‘sma kasalliklari.

D. Gen mutatsiyalari.

E. Leykoz.

A) 1– a, s, e: 2–b,d;

B) 1– b, s, e: 2–a,d;

S) 1– d, s, e: 2–a,d;

D) 1– b, s, e: 2–b,d.

4. Yerda ionlanuvchi nurlanishning bir yilda o‘rtacha individual effektiv dozasi necha mSv ga teng?

A. 1,2. B. 0,4. C. 2,8. D. 2,4.

5. Odamning tabiiy nurlanishdan olayotgan bir yillik effektiv dozasi necha mkSv?

A. 850. B. 1240. C. 1150. D. 2250.

Mavzu: Organizmning to'la nurlanishdan keyingi tiklanish kinetikasi.

Tiklanishning hujayraviy organ va organizm sistemasi

Reja:

1. Nurlanishdan keyingi tiklanish va tiklanish turlari.
2. Tiklanish va tiklanishdan keyingi patologik jarayonlar.
3. Nurlanishdan keyingi asoratlarni oldini olish amallari.

Tayanch so'zlar: biologik tiklanish, postradiatsion tiklanish, halokat dozalari, sof zararlanish, immunitet, fiziologik regeneratsiya.

Radiatsion zararlanishdan so'ng amalga oshadigan tiklanish (tiklanish davri yoki «biologik tiklanish»), nur xastaligi davridagi tiklanish farqlanib, biologik tashkillanganlikning turli darajalarida har xil jadallik bilan kechadi.

Bunday tiklanishni, nurlantirish paytida ishlatilgan halokat dozalarini o'zaro taqqoslash orqali qayd etish mumkin. Bunga masalan, bir xil radiobiologik effektga sabab qiluvchi doza quvvatini maydalab berish orqali erishish mumkin. Bunday holda, ya'ni nurlantirish muddatining cho'zilishi munosabati bilan tiklanish jarayonlarining avj olishi tufayli jarayonlarni to'la qayd etib bo'lmaydi.

Postradiatsion tiklanishni miqdoriy baholashning eng qulay yo'li — bu organizm birinchi marta nurlantirilganidan so'ng uni har xil vaqt intervali bilan qayta nurlantirish metodidir. Bunda, bo'lib-bo'lib berilgan halokat dozasi bilan bir marta berilgan halokat dozalari o'rtasidagi farq aniqlanadi.

Masalan, hayvonlar halokatga olib kelmaydigan dozada nurlantiriladi (birinchi nurlantirish). So'ngra, hayvonlar ikki guruhga bo'linib, ular har xil vaqt intervali bilan qayta nurlantiriladi. Keyin guruhlardagi hayvonlardan yarmining halok bo'lishiga olib keladigan yig'indi doza aniqlanadi.

Tajribalar natijasida ma'lum bo'ldiki, ikki marta nurlantirilgandagi yig'indi doza, bir marta nurlantirilgandagi dozadan oshib

ketadi va bunday holda, navbatdagi nurlantirishlar orasidagi vaqt o'zgargan sari, talab etiladigan $LD_{50/30}$ ham oshib boradi.

O'tgan asr o'rtalarida, Bler o'z tadqiqotlari asosida, postradiatsion tiklanish eksponentsial qonunga binoan bir xil tezlikda amalga oshib, tiklanish zararlanishning qaytar ulushiga proporsional, qaytmas ulushi esa jamlangan umumiy doza kattaligiga proporsional, degan taxmini ilgari surdi.

«Sof zararlanish» effektiv dozasi quyidagi formulaga binoan hisoblab topiladi.

$$Dt = D[f + (1-f)e^{-\beta t}];$$

bu yerda f — zararlanishning qaytmas ulushi, $(1-f)$ — zararlanishning qaytar ulushi, β — bir sutkadagi tiklanish tezligi (%), t — sutkalarda ifodalangan vaqt, e — natural logarifm asosi.

Statistik analiz metodidan foydalanib, organizmning yarim tiklanish davrini ham hisoblab topsa bo'ladi.

Yarim tiklanish davri, bu shunday bir vaqtqi, uning davomida zararlangan organizm 50% ga sog'ayadi. Masalan, bu davr sichqonlarda 2–8 sutka, kalamushlarda 6–9, itlarda 14–18, odamlarda esa 25–45 sutkani tashkil etadi.

Bu kattalik har bir tur uchun o'zgarimas kattalik hisoblanadi. Ta'kidlash lozimki, bu kattalik nurlanish dozasi bog'liq holda o'zgarishi mumkin.

Nur ta'siriga yo'liqqan organizmda bir vaqtning o'zida, organizmning turli darajalarida zararlanish va tiklanishdan iborat ko'plab qarama-qarshi jarayonlar avj oladi. Postradiatsion tiklanishlar turli to'qimalarda turlicha tezlikda amalga oshib, faol bo'linuvchi to'qimalarda, u jadal kechadi, zararlanishlarning ba'zi bir ulushlari tiklanmaydi ham.

Fiziologik regeneratsiya kuchli bo'lgan to'qimalardan farqli o'laroq, kam yangilanuvchi to'qimalarda radiatsion zararlanishlar ko'zga tashlanmaydi. Mexanik travma yordamida bu to'qimalarda tiklanish jarayonlarini stimulyatsiya qilib yashirin o'zgarishlarni ro'yobga chiqarish mumkin.

Akademik G.I. Strelin rahbarligida mushak, suyak, nerv, paylarni turli sharoitlarda nurlagandan so'ng posttravmatik regene-

ratsiyani buzilishlari o'rganilgan. Bu ishlarda Samarqand Davlat Tibbiyot institutining o'nlab olimlari ham ishtirok etganlar (professorlar F.M. Golub, A.I. Britun, U.A. Budagov, U.A. Orpov va boshqalar). Radiorezistent to'qimalarda postradiatsion o'zgarishlar mexanik jarohatlardan keyin regeneratsiyaning stimulyatsiyasi sharoitida yuzaga chiqadi.

Vositali effektlarning radiatsion patologiyani kelib chiqishidagi roli. Nurning vositali ta'sir effektiga — mahalliy nurlashda yuzaga keluvchi umumiy reaksiya «rentgen yoki radiy karaxtligi» misol bo'la oladi.

Nur ta'sirida organizmda yuzaga keluvchi jarayonlar qisman bevosita nur ta'siridan kelib chiqadi. O'zgarishlarning ikkinchi qismi vositali reaksiyalar natijasida yuzaga keladi. Bularni distantsion effektlar deb ham ataladi.

Suyak ko'migi o'zgarishlari. Bu o'zgarishlar nurning bevosita va vositali ta'siridan kelib chiqadi. Ko'mikni bir qismini qo'rg'oshin plastinka bilan to'sib nurlansa, nurlanmagan ko'mik soxasida xromosoma abberatsiyalari ko'payishi kuzatiladi. Yoki yumshoq to'qimalarni uzoq vaqt davomida katta dozada mahalliy nurlash, bemorda leyko'peniya, trombopeniya, anemiya chaqiradi. Bu hodisa, suyak ko'migi postradiatsion o'zgarishlari qisman vasitali ta'sir tufayli ekanidan dalolat beradi.

Nurlash kritik bo'lmagan boshqa strukturalarda — markaziy nerv sistemasi, sezgi organlari, endokrin, immunologik sistema, nafas organlari, jigar, buyrak, suyak-mushak, ko'payish organlari va boshqa sistemalarda o'zgarishlar chaqiradi. Bu o'zgarishlar nurning bevosita hamda vositali ta'siri natijalari bo'lib, umumiy radiatsion potologiyani kelib chiqishida o'z xissasiga ega.

Immunitetning postradiatsion susayishi. Immun sistema organizmning kritik va nokritik sistemalari orasida joy olgan bo'lib, nur kasalligining potogenezida alohida o'ringa ega. Nurlanishdan so'ng, asosiy immunnokomponent hujayralar hisoblangan limfotsitlarning yalpi qirilib ketishi ro'y beradi. Shu bilan birga nospetsifik gumoral bakteritsid sistemalar — properdin, lizotsim, terining bakteritsidligi pasayadi, antitellalar hosil bo'lishi kamayadi.

Immunitetning postradiatsion o'zgarishlari, infeksiyaga ta'sirchanlikni ortishi, organizmda, birinchi navbatda ichaklarda bakterial floraning sifat va son ko'rsatkichlarini o'zgarishida namoyon bo'ladi. Nur kasalligida infeksiyon asoratlari antibakterial immunitetning pasayishi bilan birga to'qimalar barer xususiyatining pasayishi tufayli ro'y beradi.

Nur ta'sirida yemirilgan hujayralar, oqsillar va ular bilan bog'liq moddalarning parchalanish mahsulotlari antigen sifatida qonga tushadi va organizmda immunologik perestroyka, kuchli auto sensibilizatsiya chaqiradi.

Nurlanishda organizmda ikki tip antigenlar va unga mos antitellalar hosil bo'ladi. Biri autoto'qimalar antigeniga qarshi, ikkinchisi denaturatsiyalangan oqsillarga qarshi. N.N. Klem-parsqaya nur kasalligi patogenezida to'qimalar, oqsillar yemirilishida hosil bo'lgan antigenlarga nisbatan autoallergiya yuzaga kelishiga katta o'rin beradi.

Organizmda yuzaga keluvchi kuchli autosensibilizatsiya to'qimalarda nekrotik protsesslar, gemorragiyalar chaqirishi mumkin. Allergik protsesslarning nur kasalligidagi ahamiyatini nurlash oldidan o'tkazilgan vaksinatziya va desensibilizatsiyalovchi preparatlarning profilaktik va terapevtik effektivligidan ham ko'rish mumkin.

Kechki postradiatsion asoratlar. Nur kasalligini boshdan o'tkazgan va sog'aygan odam va hayvonlarda uzoq muddatdan keyin qandaydir yangi o'zgarishlar kelib chiqishi mumkin, bu o'zgarishlar kechki asoratlar deb nom ham olgan. Kechki postradiatsion asoratlar asosan quyidagilar:

Umrning qisqarishi, leykozlar, xavfli o'smalar, kataraktalar rivojlanishi. Bulardan tashqari endokrin balansning buzilishi, nefroskleroz, pushtning ko'rish (снежение плодовитости) sterillik va embrional rivojlanishning buzilishi yuzaga kelishi mumkin.

Umrning qisqarishi nurlanishning universal effekti bo'lib sichqon va kalamushlarni bir marta subletal nurlanishining har 1 Gr. umr uzoqligini 2,5–5% ga qisqartiradi. Uorren (1956) AQSHda rentgenologlar va boshqa soha vrachlarining kasallanishi

va o'limini o'rganib chiqib rentgenologlarda leykozlar ko'proq uchrashi va boshqa sabablardan ertaroq o'lishlari sababli o'rtahisobda umrlari 5,2 yosh qisqaradi degan xulosaga kelgan.

Shu bilan birga eksperimentda kalamushlarni 0,008 Gr. dozada umr davomida nurlash hayvonlar umrini 20–22% uzaytirgan. Umrning uzayishi past haroratga (5°C) nisbatan optimal (25°C) haroratda yaxshiroq namoyon bo'lgan.

Nur ta'sirida umrning uzayishi nurga chidamli bo'lgan boshqa jonivorlarda ham kuzatilgan. M: Un mitasini 30 Gr. nurlash, drozzofillani 45 Gr. nurlash ularning umrini uzaytiradi. Campanularia (kovak ichaklilar)ni 2000 Gr. nurlash ular umrini ikki marta oshirgan.

Hozirgi paytgacha yig'ilgan ma'lumotlar ionlovchi nurning ta'siri faqat zararli degan fikrni isbotlamaydi. Aksincha, yorug'lik va issiqlik energiyasi kabi ionlovchi nurlarning fiziologik va patologik ta'sir darajalari mavjud.

XX asr oxirigacha yig'ilgan ma'lumotlar kichik dozalarni odam organizmi uchun zararli ekanini isbotlamadi. Aksincha, 0,1 Gr/yildan oshmagan dozadagi nurlanganlar orasida kasallanish ko'p emas, ularning o'rtacha umri ham o'rtacha ko'rsatgichlardan ~5-yil uzoq ekani aniqlangan.

Xavfli o'smalar kelib chiqishi. Ionlovchi nurlarning xavfli o'smalar keltirib chiqarishi rentgen nurlari kashf etilgandan 10–12 yil o'tgach ma'lum bo'ldi. Nur bilan ishlovchi vrachlar va tadqiqotchilar terisida nurli kuyishdan so'ng rak kelib chiqishi ma'lum bo'ldi. Bu hayvonlarda o'tkazilgan eksperimentlarda o'z isbotini topdi.

Nur ta'sirida o'smalar hamma to'qimalarda rivojlanishi mumkin. Radioaktiv nur chaqirgan o'smalar terida suyakda, tuxumdondlarda eng ko'p uchraydi. Qon ishlab chiqarish to'qimalari raki – leykozlar, eritmiya limfomalar rivojlanadi. Suyak o'smalari skeletda tanlanib to'planuvchi izotoplar Pu, Ra, Sr va boshqa osteotrop radioaktiv preparatlarning nuridan, rentgenoterapiyada skelet nurlanishdan keyin yuzaga kelishi mumkin.

AQSHda tsiferblati shu'la beruvchi soat chiqaruvchi zavod ishchilarida rivojlangan jag' suyaklarining osteosarkomasi bunga

isbot bo'ladi. Odamlarda suyak o'smalarini keltirib chiqaruvchi minimal doza 12 Gr. Holbuki, nur terapiyasida ayrim suyaklarda yutilgan doza 40–50–60 Gr ni tashkil etadi, bu sharoitda o'smalar yuzaga kelishining ehtimoli ortadi.

Nur kasalligidan so'ng va ruxsat etilgan eng yuqori dozadan ortiq nurlanganlarda leykozlar rivojlanishi xavfi tug'iladi. Odamlarda nurlanish leykozlari kelib chiqishi haqidagi eng to'liq ma'lumotlar Yaponiyada atom portlashlarini boshdan kechirganlar haqidagi obzor va maqolalarda keltirilgan.

BMT komissiyasining ma'lumotlari bo'yicha Yaponiyada 1946–1960-yillar ichida leykozlar odamlar orasida deyarli 11 barovar ortgan. Kasallanganlar soni atom portlashining markaziga yaqinlashgan sari ortib boradi.

M: Xirosima shaxrida yadro portlashida markazdan 1 km gacha masofada turganlarda leykozlar bilan kasallanish har 100000 kishiga 137, 1,5–2 km masofada bo'lganlarda 4,2 ni tashkil etadi.

Leykozlar nur bilan davolanganlar orasida ham ko'payishi aniqlangan. M: Angliyada Bexterev kasalligi (umurtqalar bo'g'inlarining infeksiyon-allergik yallig'lanish kasalligi) tufayli nur bilan davolangan, 11 mingdan ortiq kishilar orasida leykozlar rivojlanishi 25–50 marta ko'paygan.

Nurlanishdan so'ng ko'z qorachig'ining xiralanishi, katarakta kelib chiqishi mumkin. Bu turli hayvonlarda o'tkazilgan eksperimentlar va nurlangan odamlarni kuzatuvlarida aniqlangan. Aniqlanishicha odamlarda katarakta keltirib chiqaruvchi minimal doza 25 Grga teng, agar u bir marta qisqa muddat ichida berilsa, 5 Grda kasallikning kelib chiqish ehtimoli juda ortadi.

Olimlar, boshi nurlangan bemorning yarmidan ko'pida katarakta kelib chiqishini kuzatganlar. Agar nurlanganlar yanada uzoqroq kuzatilsa ularning hammasida kasallik rivojlanishi mumkin.

Nur kasalligini davolash prinsiplari. Bu kasallik davolash, nurlangan organizmda kritik sistemalarda yo'qotilgan hujayralarni o'rnini to'ldirish; infeksiyani oldini olish va kuchsizlantirish; funksional va simptomatik terapiyadan iborat.

Odam organizmi 10 Grgacha kattalikdagi dozalarda nurlanganda kritik sistema suyak ko'migi bo'lib, unda interfaza o'limi tufayli juda katta miqyosida hujayralar yetishmovchiligi ro'y beradi. Kasallik rivojining muayyan bir davrida suyak ko'migida aplaziya va unga bog'liq ravishda periferik qonda birlamchi granulot-sitopeniya va trombopeniya kelib chiqadi.

Bu o'zgarishlar, qisman ikkilamchi infeksiyon asoratlari va qon oqish – gemorragiyalar hisobiga yuzaga keladi. Qon ishlab chiqaruvchi hujayralar defitsitini suyak ko'migini transplantatsiya qilib amalga oshirish mumkin. Bunga o'rta va og'ir nur kasalligida immunitetning pasayishi to'liq imkoniyat yaratadi. Nurlanishdan keyingi kunlari amalga oshirilgan ko'mikning transplantatsiyasi bemorda pansitopeniyani kuchsizlantirishi; transplantatsiya antibiotikoterapiya bilan birga amalga oshirilgan taqdirda infeksiyon asoratlarning ham oldini olish mumkin.

Ammo odamlarda o'tkazilgan allotransplantatsiya (ya'ni shu turga mansub hayvonlardan, boshqa odamlardan olingan, antigen strukturasi farq qiluvchi ko'mikni ko'chirib o'tkazish, keyinchalik transplantatni egasiga qarshi reaksiyasi tufayli rivojlanadigan ikkilamchi kasallikdan o'limga olib keladi.

Bu nuqtayi nazardan olganda faqat izologik (genetik bir xil, bir tuxumdan paydo bo'lgan egizaklardan yoki bemorni nurlanmay qolgan ko'migini boshqa sohalarga ko'chirib, o'tkazish – autotransplantatsiya effektiv bo'lishi mumkin. Bu sharoitda transplantat immunologik konflikt chaqirmaydi.

Periferik qonda shakliy elementlarning defitsitini to'ldirish va unga aloqador asoratlarga qarshi kurashish uchun gemotransfuziya – qon quyish qo'llaniladi.

Ammo katta hajmda qon quyish immunologik reaksiya chaqirishi mumkin. Kichik hajmda qon quyish shakliy elementlar sonini sezilarli darajada ko'paytirmaydi.

Bu o'rinda qon zardobidan ajratilgan shakliy elementlar-leykotsitlar, trombotsitlar va eritrotsitlar massasini quyish, shakliy elementlar sonining ortishiga qon oqishlarini to'xtatishga, infeksiyon asoratlarning kamayishiga imkon tug'diradi. Bu sharoitda immunologik reaksiyalar ham kam kuzatiladi.

Nur kasalligida qon tarkibi suyuqligi, elektrolitlar yo'qotilishlarini o'rnini bosish uchun qon o'rnini bosuvchi turli suyuqliklar (gemodez, poliglyukin, reopoliglyukin) tuzlar eritmalari (*NaCl* fiziologik eritmasi) glyukoza eritmasi va boshqalar yuboriladi.

Funksional terapiya nur kasalligida rivojlanuvchi turli funksional buzilishlarni to'g'rilash maqsadida olib boriladi. Nur kasalligini dastlabki davridanoq qusushni bosuvchi, tinchlantiruvchi, yurak-qon tomirlarning faoliyatini, ovqat hazmini yaxshilovchi, ich ketishini, qon oqishini to'xtatuvchi, infeksiyani bosuvchi, qon ishlab chiqarishni tiklovchi va boshqa turli tuman klinik asoratlarga qaratilgan davolashlar majmuasi amalga oshiriladi.

Nazorat uchun savollar:

1. Yarim tiklanish davri sichqonlarda, kalamushlarda, itlarda va odamlarda necha sutkani tashkil etadi?
2. Suyak ko'migi o'zgarishlari qanday kelib chiqadi?
3. Immunitetning postradiatsion susayishini gapirib bering.
4. Kechki postradiatsion asoratlari haqida gapirib bering.
5. Xavfli o'smalar kelib chiqishini gapirib bering.
6. Nurlanishdan so'ng ko'z kasalliklarining paydo bo'lishi.
7. Nur kasalligini davolash prinsiplari qanday?
8. Nur kasalligida bemorga nimalar yuboriladi?
9. Funksional terapiyaning olib borilishi haqida gapirib bering.
10. Yaponiyada atom portlashlaridan keyin qaysi kasalliklar ko'paydi?

Test savollari

1. «Sof zararlanish» effektiv dozasi qaysi formulaga binoan hisoblab topiladi?
 - A. $Dt = D[f + e^{-\beta t}]$.
 - B. $Dt = D[f + fe^{-\beta t}]$.
 - C. $Dt = D[f + (4-f)e^{-\beta t}]$.
 - D. $Dt = D[f + (1-f)e^{-\beta t}]$.
2. Yarim tiklanish davri davomida zararlangan organizm necha protsentga sog'ayadi?
 - A. 90%.
 - B. 100%.
 - C. 50%.
 - D. 150%.

3. *Kechki postradiatsion asoratlari asosan qaysilar?*

- A. leykozlar, kataraktalar rivojlanishi.
- B. Umrning qisqarishi, leykozlar, xavfli o'smalar, kataraktalar rivojlanishi.
- C. Umrning qisqarishi, xavfli o'smalar.
- D. Xavfli o'smalar, kataraktalar rivojlanishi.

4. *Odamlarda katarakta keltirib chiqaruvchi minimal doza nimaga ga teng?*

- A. 25 Gr.
- B. 15 Gr.
- C. 20 Gr.
- D. 10 Gr.

5. *Kim rahbarligida mushak, suyak, nerv, paylarni turli sharoitlarda nurlagandan so'ng posttravmatik regeneratsiyaning buzilishlari o'rganilgan?*

- A. Bler.
- B. P. Aleksandr.
- C. Z. Bak.
- D. Akademik G.I. Strelin.

**Mavzu: Radioprotektorlar va ularning tavsiflanishi.
Radioprotektorlarning qo'llanilishi**

Reja:

1. *Radioprotektor. Radioprotektorlarning turlari. Radioprotektorlarning kimyoviy tabiati.*
2. *Tabiiy va su'niy radioprotektorlar.*
3. *Radioprotektorlarning qo'llanilishi va ta'siri.*

Tayanch so'zlar: radioprotektor, toksik ta'sir, kumulyativ ta'sir, rentgeno radioterapiya, indolilalkilamin, adaptogen.

Ionlovchi nurlar ta'sirini kamaytirish xususiyati izlanmagan moddalar sinfi qolmagan deyish mumkin. 1949-yilda tsianli natriy va sistein moddalarini letal dozada nurlash oldidan yuborilganda sichqonlarning bir qismi tirik qolishi aniqlangan. Keyingi yillarda sisteamin, serotonin, meksamin, *AET* (aminoetil izotiouroniy) va yana qator boshqa moddalar (uglerod oksidi, rezerpin, gistamin sianidlar, natriy natrit)ning nur ta'siridan saqlashi xususiyatlari aniqlangan.

Nurlash oldidan yuborilganda radiatsiyaning zararli ta'siridan saqlovchi moddalar radioprotektorlar (*RP*) deb ataladi. *RP* xususiyatiga ega moddalar orasida yuqori effektivlikka ega birikmalar-indolilalkilaminlar va merkaptotalkilaminlar hisoblanadi. «Ideal» hammabop *RP* individual kimyoviy muhofaza vositasi sifatida qisqa vaqt davomida katta dozalar ta'siridan saqlay bilishi; kichik dozalarning davomli ta'siridan (*M*: yadro portlashlari, yirik yadro avariylaridan keyin yuzaga kelgan radioaktiv ifloslanishlar zonasida uzoq kosmik sayohatlarda) nurlanishdan saqlay bilishi va rentgeno-radioterapiyada nurlanishning zararli ta'sirini kamaytirish kerak. «Ideal» *RP* ga qo'yiladigan konkret talablar quyidagilardan iborat: yetarli darajada effektivlik, zaharli bo'lmashligi, terapevtik koeffitsiyenti uchdan kam bo'lmashligi, asorat chaqirmaslik, tez ta'sir ko'rsatishi (dastlabki 30 min. davomida), ta'sirining davomlilik yetarli bo'lishi, (o'tkir nurlashlarda 2-4 s. davomiyli nurlanishlarda kamida 5-8 s) organizmga kiritishning qulay

bo'lishi (tabletka tariqasida og'iz orqali ichirish, shprints — tyubiklar yordamida mushaklarga yuborish) qayta kiritilganda kumulyativ ta'sirga ega bo'lmasligi, turli nurlash sharoitlarida (davomli, bo'laklab) va turli nurlarga nisbatan effektivligi, tashqi ta'sirlarga chidamli, uzoq saqlanishda ta'sir kuchini yo'qotmasligi, faqat nurlash oldidan kiritilganda emas, nurlashdan keyin kiritilishda ham effekt ko'rsatishi, ya'ni ham profilaktik, ham terapevtik effekt ko'rsatishi. Aytish lozimki, bu talablarning hammasiga javob beruvchi «Ideal» radioprotektor yo'q.

RP effektivligi odatda sichqonlarda o'rganiladi. Uni baholashning eng sodda uslubi radioprotektor qo'llangan (tajriba) va qo'llanmagan guruhlarida 100% o'limga olib keluvchi minimal dozada — $LD_{100/30}$ hayvonlarning tirik qolish foizini (%) aniqlash hisoblanadi.

Sichqonlarni bir xil effekt beruvchi dozada nurlashdan keyin *RP* qo'llangan tajriba guruhda kuzatilgan o'lim bilan, kontrol guruh o'limini solishtirib radioprotektor nur ta'sirini qay darajada kamaytirgani dozaning o'zgarish faktori — факторизменениядозы — *FID* yoki *FUD* — факторуменьшениядозы bilan baholanadi. M: hayvonlarni $LD_{50/30}$ dozada nurlansa va *RP* qo'llangan guruhda 10 Gr. nur chaqirgan effekt kontrol guruhda, 6 Gr. nur ta'siridan yuzaga keluvchi o'zgarishlarga mos bo'lsa — *FUD* ~1,7 bo'ladi.

RP ning effektivligi $LD_{16/30}$, $LD_{50/30}$, $LD_{84/30}$ dozada nurlangan sichqon guruhida o'rganiladi. *RP* ta'sirining faqat ma'lum bir tur hayvonlar uchun xosligini inkor etish uchun *RP* xususiyati uch tur hayvonlarda o'rganilishi lozim. Ulardan bir turi albatta yirik hayvonlar, itlar yoki maymunlar, cho'chqalar bo'lishi kerak. Yirik hayvonlarda 30 kunlik yashash va o'lganlar umrining o'rtacha uzoqliligini o'rganish bilan cheklanib qolmasdan radioprotektorning *FID* ko'rsatgichi, toksikligi ham o'rganilishi kerak.

Kimyoviy moddalarning *RP* xossalari P. Aleksandr va Z. Bakning fikricha nur ta'sirida hosil bo'luvchierkin radikallarni bog'lanishi, inaktivatsiyasi tufayli ro'y beradi. N.M. Emmanuel, *RP* organik moddalarni, xususan lipid radikallarni bog'laydi deb hisoblaydi. Radioprotektorlar erkin radikallarni bog'lashish tufayli nur ta'siridan saqlashining isboti erkin radikallar reaksiyasini bog'lovchi

moddalar antioksidantlarning ham nur zararini kamaytirishi va kislorod effekti misol bo'la oladi. To'qimalarni kislorodni bog'lovchihar qanday modda (uglerod oksidi, natriy nitriti, tsianidlar, morfin, heroin) nur ta'sirini kamaytiradi va aksincha to'qimalarda kislorodning ortishi nurining zararli ta'sirini oshiradi.

RP ning ta'sir mexanizmini tushuntirib beruvchi yagona nazariya yo'q. E.F. Romantsevning fikricha *RP*ning nur ta'siridan saqlashi, kompleks bioximik mexanizmi ega. Unda *DNK* replikativ jarayonlarini vaqtincha bog'lanishi va reperatsiyaning stimulyatsiyasiga alohida o'rin berishadi. Yu.B. Kudryashev va E.N. Goncharenkolarning fikricha harqanday radioprotektor nur ta'siridan saqlash effekti, organizmda radioprotektorni xususiyatli biogen aminlar kompleks sintezi bo'lishi va ajralib chiqishi, lipidlar peroksidlanish mahsulotlarining kamayishi tufayli ro'y beradi.

RP ning nurga qarshi effekti amalga oshishining ikkinchi yo'li esa tarkibida oltingugurt bo'lgan *RP* yetarli konsentratsiyalarda qon tomirlarda vaqtinchalik qisilish (spazm) chaqirib to'qimalarda gipoksiyani yuzaga keltiradi va nurning zararli ta'sirini kamaytiradi. Gipoksiyaning radioprotektorlik xususiyatlari kislorodi kam bo'lgan gazlar, gipoksik gazlar aralashmasi bilan nafas oldirib nur ta'sirini kamaytirish mumkinligida ham namoyon bo'ladi.

RP ning nurdan saqlash xususiyatiga muayyan terapevtik kenglikda (diapazonda) namoyon bo'ladi. Bu diapazon aminioliollarda tor, preparatning konsentratsiyasi ortishi bilan muhofaza effekti ham ortib boradi, konsentratsiya ma'lum bir maksimumga yetgach protektorning toksik ta'siri namoyon bo'ladi va hayvonning nurlangan yoki nurlanmaganidan qa'tiy nazar o'limga olib keladi. Indolilalkilaminlarning terapevtik kengligi kattaroq va terapevtik effekt kichik konsentratsiyalardan oq yuzaga keladi.

Tiulli (oltingugurtli) *RP*lar eng effektiv bo'lib, merkapoetilamin (*MEA*)ning mahsulotlaridir. Bu birikmalar tarkibida erkin *SH* grupp mavjud. *MEA* *RP* xususiyati $FUD=15$ ya'ni nurning ta'sirini 1,5 marta kamaytiradi. Tiollar guruhiga kiruvchi yana bir *RP* merkapoetilaminning disulfidi — sistamin bo'lib, $FUD=1,5-1,8$ terapevtik diapazoni kichik, uning protektorlik dozasi toksik dozaga yaqin. Tiol birikmalariga mansub yana bir nurdan saqlovchi

preparat sistafos. Uning *RP* xususiyati sistaminga yaqin. Keyingi yillarda amaliyotda qo'llash uchun perspektiv preparat gammafos sintez qilingan va eksperimentlarda uning yuqori effektivligi aniqlangan.

Indolilalkilaminlar *V* guruhga doir. Bu protektorlarga triptamin, serotonin, imidazol va uning maxsuli gistamin, atsetilxolin, natriy nitrat, natriy sianidi kiradi. Bu preparatlar, protektorlik xususiyati kuchsiz, terapevtik diapazoni katta emasligi, ta'sir muddatining qisqaligi tufayli amaliyotda qo'llanilmaydi.

Tabiiy radioprotektorlar sifatida o'simliklar, mikroorganizmlar va boshqa biologik obyektlardan so'rib olingan juda ko'p moddalar sinab ko'rilgan. Shular qatorida kichik konsentratsiyali kuchli biologik aktiv moddalar – ilon zahari, asalari zahari, bakterial endotokisinlar, esterogenlarning radioprotektorlik xususiyatlari o'rganilgan. Bular orasida statistik ishonarli radioprotektorlik xususiyati melittinda (asalari zaxaridan olingan polipeptid – 26 aminokislotadan tarkib topgan) topilgan. Uni nurlash oldidan (10–60 min.) sichqonlarga, teri ostiga yuborilsa ularni nur ta'siridan himoya qiladi, eng yaxshi natija nurlashdan 24 s. oldin 5 mg/kg miqdorda teri ostiga yuborilganda kuzatilgan (tirik qolgani sichqonlar soni 2 marta ko'payadi). Ko'p tabiiy moddalar – nuklein kislotalar, vitaminlar, kofermentlar, uglevodlar, lipidlar, aminokislotalar va boshqalarni effektiv radioprotektorlar bilan birga qo'llab ularning toksik xususiyatini kamaytirish terapevtik intervalini oshirish mumkinligi aniqlangan.

Tabiiy radioprotektorlar qatoriga adaptogen preparatlar – ta'siri spetsifik bo'lmagan organizmni umumiy himoya kuchlarini oshiruvchi moddalar ham kiradi. Bu moddalar uzoq kunlar davomida nurlash oldidan qo'llangan taqdirda kuchsiz protektorlik xususiyatini namoyon qiladi. Bularga jenshen, eleuterokokk, Xitoy limonidagi *ATF*, *ADF* kiradi.

Radioprotektorlarning kombinatsiyali ta'siri. *RP* ning nur ta'siridan himoya mexanizmi turlicha, shunga asoslanib, radiatsion patologiyaning dastlabki turli zvenolariga ta'sir etuvchi har xil klasslarga mansub *RP* ni kombinatsiyali qo'llab ularning ta'sir kuchini oshirish mumkin. *M*: 7 Gr nurlangan ($LD_{100/30}$) sichqon-

larni meksamin (75 mg/kg) bilan himoyalash 60% hayvonni tirik olib qoladi; *MEA* (150 mg/kg) shu dozada nurlangan sichqonlarni 52% himoya qiladi; bu ikkala preparatning kombinatsiyada qo'llanishi 92% himoya effektini beradi.

Nurdan saqlash effektiga erishish uchun aksariyat *RP* lar toksik doza chegarasi miqdorida qo'llanadi, shu sababdan ular nurlanmagan organizmda yurak-qon tomir, nafas olish, ovqat-hazmi yo'llari, ajratish organlari, markaziy nerv sistemalari tomonidan qator funksional o'zgarishlar chaqiradi. Kislorodga bo'lgan talab ortadi, endokrin bezlar ishi buziladi va hokazo. Bu o'zgarishlar o'tkinchi va ularni nurdan saqlash effekti bilan testlab bo'lmaydi.

Radioprotektorlar effektivligiga ta'sir qiluvchi faktorlar. *RP* nurlashdan ma'lum bir vaqt avval organizmga kiritilsa muayyan bir vaqt davomida nurdan optimal saqlovchi ta'sir ko'rsatadi. Ko'pgina *RP*lar organizmga yuborilgandan keyingi dastlabki 30 min ichida effektivlikka ega. Agar *RP*ni nurlashdan bir soat avval yoki bevosita nurlash ketidan yuborilsa, ular nur ta'siridan saqlamaydi. Nurlangan hayvonlar o'limi kontrol guruhdagidan farqqilmaydi. *RP* ma'lum terapevtik diapozonda o'z effektini namoyon qiladi. Kichik konsentratsiyalarda nurdan saqlash effektivligi past, toksik konsentratsiyalarda letal effektini ortishi kuzatiladi.

Ba'zan *RP* nurlashdan keyin yuborilgan taqdirda ham ma'lum darajada himoyalovchi ta'sir ko'rsatishi mumkin. *M*: serotonin, ehtimol *MEA*, sistamin, *AET*. Bu o'rinda radioprotektorlik emas, balki terapevtik ta'sir to'g'risida gapirish lozim. Terapevtik maqsadda protektorlarni qo'llash katta ehtiyotkorlikni talab qiladi ko'p xollarda nur keltirib chiqargan o'zgarishlarning chuqurlanishi ro'y berishi mumkin.

RP lik xususiyatining doza quvvatiga bog'liqligi. Ma'lumki doza quvvati ortishi bilan nurning biologik ta'siri ortadi. *M*: Agar doza quvvati 0,4 Gr bo'lsa, kalamushlar uchun $LD_{50/30}$ 6 Gr ni tashkil qiladi. Doza quvvati 0,015 Gr/min-da $LD_{50/30}$ – 8 Gr.ga teng. Birinchi misolda nurlashning davomiligi, 7,5 min ikkinchi misolda – 467 min. Radioprotektorlik xususiyati LD_{50} ga nisbatan LD_{90} da kuchliroq, doza kichik bo'lgan holda *RP*ning muhofaza

xususiyati kuchsiz bo'ladi. Uning asosiy sababi nurlash tugaguncha *RP* ning muhofazalovchi optimal konsentratsiyasini saqlanmasligidir, bundan tashqari radioprotektorlik $LD_{50/30}$ ga nisbatan $LD_{90/30}$ da yaxshiroq namoyon bo'ladi.

Radioprotektor effektivligi preparatni kiritish yo'liga bog'liq. Preparatni vena orqali yuborilganda qisqa muddatda organ va to'qimalarda effektiv konsentratsiya hosil qilinadi. *RP* qorin ichiga yuborilayotgan taqdirda ham u qonga tez so'rilib o'tadi va effektiv konsentratsiyani yuzaga keltiradi. Teri ostiga yuborishda preparat sekin so'riladi. Preparat og'iz orqali yuborilsa eng sekin va past konsentratsiya yuzaga keladi va uning effektivligi ham pasayadi. Buni kompensatsiya qilish uchun radioprotektorning dozasini oshirish lozim bo'ladi. Turli radioprotektorlar muayyan bir yo'l bilan yuborilganda o'z effektivligini ko'rsatadi. Ammo ideal radioprotektor uchun og'iz orqali yuborish eng ma'qul hisoblanadi.

Nurdan saqlash effektining RP dozasiga bog'liqligi. Ma'lum diapazonda nurdan himoya qilish *RP* ning dozasiga bog'liq. Ammo *RP* dozasi ma'lum bir chegaraga yetgandan keyin kimyoviy muhofazaning yuqori nuqtasiga yetiladi. Bu nuqta tiollar uchun minimal toksik dozaga yaqin. Indolilalkilaminlar dozasi ortishda ancha davom etsa ham nurdan saqlash effekti o'zgarmay turadi, toksik effekt kuzatilmaydi, ya'ni bu preparatlar katta terapevtik diapazonga ega.

*RP*ning nur ta'siridan saqlash xususiyat hayvonlarning turiga bog'liqligi. Turli hayvonlar *RP* larni turlicha «ko'taradi» kichik hayvonlar oson ko'taradi, itlar, maymunlar og'ir ko'taradi. Yirik hayvonlarda toksik xususiyatining namoyon bo'lishi sababli ularga preparatning dozasini, demak tananing har bir kg massasidagi miqdorni kamaytirishga to'g'ri keladi. Shu sababdan yirik hayvonlarda *RP* nurdan saqlash effekti pastroq, kichik hayvonlarda effekt kuchliroq namoyon bo'ladi. M: sistamin sichqonlarga 355 mg/kg. yoki 125–250 mg/kg qorin ichiga yuborilsa 8 Gr. ($LD_{100/30}$) nurlanishdan so'ng 100% hayvonni tirik qolishni ta'min etadi. Sistamin quyonlarga vena ichiga 100 mg/kg yuborilsa 10 Gr ($LD_{100/30}$) nurlanishdan so'ng 83% hayvonni o'limdan saqlaydi. Sistamin maymunlarga vena orqali 120 mg/k yuborilsa 6,2–6,5 Gr nur

($LD_{100/30}$) 60% saqlaydi. Itlarda preparat 60 mg/kg. vena orqali yuborilsa 5 Gr nurlanishdan so'ng 40% hayvonni tirik saqlaydi.

RP effektini dozaning kattaligi va nurning turiga bog'liqligi. *RP* ning effektivligi hayvonlarning tirik qolishi bo'yicha belgilansa yuqori himoya effekti $LD_{50/30} - LD_{80/30}$ da namoyon bo'ladi. Ichak o'limi chaqiruvchi dozalarda ham ba'zi protektorlar (sistamin) dastlabki 6 kunda ichak sindromidan o'limni kamaytiradi. Shu bilan birga nurdan saqlash effekt suyak ko'migining o'zgarishlariga qarab belgilansa ta'sir katta diapazonda 1,5–6 Gr ya'ni subletal, minimal letal va o'rta letal dozalarda ham kuzatiladi, 3–6 Gr dozalarda o'zgarmay turadi.

Nurning turiga bog'liqlik xususida, Ta'siri to'qimalarda gipoksiya hosil qilishga asoslangan *RP* (indolilalkilaminlar) siyrak ionlar hosil qiluvchi nurlar (rentgen, gamma) nurlar ta'siridan saqlaydi, ammo zich ionlovchi nurlar (neytronlar, protonlar) ta'sirini deyarli o'zgartirmaydi. Tiol birikmalar (sistamin, sistafos, gammafos) hamma tur nurlar ta'siridan saqlaydi.

Nazorat uchun savollar!

1. Radioprotektor nima?
2. Radioprotektorlar qanday tasniflanadi?
3. Radioprotektorlarning ta'sir mexanizmini tushuntirib bering.
4. Radioprotektorlarning qaysi belgilariga asosan guruhlash mumkin?
5. Radioprotektorlarning samaradorligiga asosan qanday guruhlari mavjud?
6. Biologik protektorlarning kimyoviy protektorlardan farqini tushuntiring.

Test savollari

1. Radioprotektor effektivligi preparatni qaysi usul bilan yuborilganda yuqori bo'ladi?
 - A. Hamma usulda effektivlik bir xil.
 - B. Og'iz orqali yuborilsa.
 - C. Teri ostiga yuborishda.
 - D. Vena orqali yoki qorin ichiga yuborilganda.
2. Birinchi radioprotektorlar nechanchi yilda kashf qilinganlar?
 - A. 1947.
 - B. 1952.

C. 1949.

D. 1954.

3. *Ko'pgina radioprotektorlar organizmga yuborilgandan keyingi dastlabki qancha vaqt ichida effektivlikka ega?*

A. 1 soat.

B. 30 min.

C. 45 min.

D. 2 soat.

4. *Qaysi olimlar radioprotektorlarning xossalari o'rganishgan?*

A. P. Aleksandr va Z. Bak.

B. N.M. Emmanuel va E.F. Romantsev.

C. Yu.B. Kudryashev va E.N. Goncharenko.

D. Yuqoridagi olimlarning hammasi.

5. *Qaysi radioprotektorlar eng effektiv?*

A. Uglarod oksidi

B. Rezepin.

C. Gistamin sianidlar.

D. Tiolli RP lar.

Mavzu: Izotoplar. Tibbiyot, biologik tadqiqotlarda va kasaliklarga tashxis qo'yishda radioizotoplardan foydalanish

Reja:

1. *Izotoplar. Tabiatda izotoplarning uchrashi.*

2. *Radiodiagnostika va uning turlari.*

3. *Rentgenografiya.*

Tayanch so'zlar: radioaktiv element, kimyoviy izotoplar, tabiiy va su'niy izotoplar, radioaktiv yemirilish, radioizotop diagnostikasi, jigar, buyrak, o'pka, qalqonsimon bez, orqa miya va bosh miya, suyaklar, limfa sistemasi.

Radioaktiv elementlar tabiatda juda kichik miqdorlarda tarqalgan. Ular asosan Yer yuzasida qattiq qatlamlarida, suvda, havoda va o'simliklar va hayvonlar organizmida uchraydi. Tabiiy izotoplar deb — tabiatda uchraydigan, odam qo'li bilan yaratilmagan hamma izotoplar aytiladi.

Tabiiy va su'niy izotoplar orasida prinsipial farqlanish yo'q, chunki ularni xususiyatlari hosil bo'lish usuliga bog'liq emas. Ba'zi bir tabiiy izotoplar, kosmik nurlarini elementlar yadrosi bilan uchrashgani sababli, to'xtovsiz hosil bo'ladi. Bunga atmosfera tizimiga kiradigan organizmni yadrolari misol bo'la oladi. Meteoritlar changi organizmga duch kelib ularni bo'linishga va aktivatsiyaga keltiradi. Tabiiy izotoplarni asosiy soni og'ir elementlarga qarashli. Vismutdan Urangacha stabil-tinch holatda bo'lishi ma'lum emas. Bularni shu sababli radioaktiv elementlar izotoplarni, radioaktiv moddalar deb aytadi. Tabiiy radionuklidlar ma'lum, ular 83 elementdan Mendeleev jadvalida boshlanadi.

Balki kelajakda o'lchov asboblarni sezgirligi oshishi va radio-kimyoviy usullarni kengayishi bilan radioaktiv tabiiy nuklidlarning soni oshadi. Asosiy radioizotoplar quyidagilar:

Uran izotoplari Uran-238,-235,234.

Radiy izotoplari Ra-223,-224,-226-228.

Radon Rn-222 va Poloniy Po-210.

Ra-226, Rn-222 va Ro-210 tabiiy radioterapiyasida qo'llaniladi. Sun'iy radioizotoplar keyingi yillarda ko'payishi bilan ularni qo'llanilishini qisqargan.

Radioaktiv izotoplar.

Izotop – I.D. Mendeleev jadvalida, bir joyni egallab har xil atom og'irligiga ega bo'lgan elektronlar yoki tartib raqami bir bo'lib, atom og'irligi har xil elementlardir.

15-jadval

Ayrim radioizotoplar

1.	Radioizotop	Minimal ahamiyatdagi aktivlik (MAA), Bk	
1.	Uglerod-14	C-14	1E+07
2.	Fosfor-32	P-32	1E+05
3.	Fosfor-33	P-33	1E+08
4.	Temir-55	Fe-55	1E+06
5.	Temir-59	Fe-59	1E+06
6.	Kobalt-57	Co-57	1E+06
7.	Kobalt-60	Co-60	1E+05
8.	Rux-65	Zn-65	1E+06
9.	Stronsiy-90	Sr-90	1E+04
10.	Ittriy-90	Y-90	1E+05
11.	Texnetsiy-96	Tc-96	1E+06
12.	Texnetsiy-96m	Tc-96m	1E+07
13.	Texnetsiy-97	Tc-97	1E+08
14.	Texnetsiy-97m	Tc-97m	1E+07
15.	Texnetsiy-99	Tc-99	1E+07
16.	Texnetsiy -99m	Tc-99m	1E+07
17.	Kumush-110m	Ag-110m	1E+06
18.	Surma-124	Sb-124	1E+06

15-jadvalning davomi

19.	Yod-23	I-123	1E+07
20.	Yod-125	I-125	1E+06
21.	Yod-126	I-126	1E+06
22.	Seziy-137	Cs-137	1E+04
23.	Evropiy-152	Eu-152	1E+06
24.	Gadoliniy -153	Gd-153	1E+07
25.	Tuliy-170	Tm-170	1E+06
26.	Volfram-181	W-181	1E+07
27.	Volfram-185	W-185	1E+07
28.	Talliy -204	Tl-204	1E+04
29.	Qo'rg'oshin-210	Pb-210	1E+04
30.	Vismut-210	Bi-210	1E+06
31.	Poloniy -210	Po-210	1E+04
32.	Radon-220	Rn-220	1E+07
33.	Radon-222	Rn-222	1E+08
34.	Radiy-226	Ra-226	1E+04
35.	Radiy-228	Ra-228	1E+05
36.	Aktiniy -228	Ac-228	1E+06
37.	Toriy-228	Th-228	1E+04
38.	Toriy-230	Th-230	1E+04
39.	Tabiiy toriy	Tabiiy Th(jumladan Th-232)	1E+03
40.	Kadmiy-109	Cd-109	1E+06
41.	Toriy-234	Th-234	1E+05
42.	Uran-234	U-234	1E+04
43.	Uran-235	U-235	1E+04
44.	Uran-238	U-238	1E+04

45.	Tabiiy uran	U-tabiiy	1E+03
46.	Plutoni-238	Pu-238	1E+04
47.	Plutoni-239	Pu-239	1E+04
48.	Ameritsiy-241	Am-241	1E+04
49.	Kaliforniy-252	Cf-252	1E+04
50.	Prometiy-147	Pm-147	1E+07

Radioizotop diagnostika – radioaktiv izotoplar va nishonlangan birikmalar yordamida kasallikni aniqlash. Radioizotop diagnostikaning asosiy usuli radioaktiv indikatsiya, ya'ni organizmga yuborilgan radioaktiv moddalarni kuzatib borishdir.

Ko'pgina kimyoviy elementlarning radioaktiv izotoplari o'zidan ionlovchi nurlar chiqarib turadi; izotop organizmga yuborilganidan keyin uning taratadigan nurlarini maxsus apparatlar yordamida juda aniqlik bilan qayd qilish mumkin. Zamonaviy radiologik apparatlar radioaktiv birikmalar juda kam miqdorda, ya'ni tekshirilayotgan kishining organizmi uchun amalda hech bir ziyonsiz indikator miqdorda olinganda ham ularni aniqlash va o'rganishga imkon beradi. Vrach radioaktiv moddalarning bemor organizmida qanday taqsimlanishi, bir joydan ikkinchi joyga o'tishi va organizmdan chiqib ketishiga qarab, tegishli elementlarning organizmdagi biokimyoviy va fiziologik jarayonlarda qay tariqa ishtirok etishi to'g'risida fikr yuritadi.

Radioizotop diagnostikaning laboratoriya radiometriyasi, klinik radiometriya, klinik radiografiya va skanerlash usullari ko'p qo'llanadi. Laboratoriya radiometriyasida qon, siydik va axlatning ma'lum qismini tekshirib, nishonlangan birikmaning bor yo'qligi aniqlanadi. Bu usul qon plazmasi hajmi va undagi qizil tanachalar sonini aniqlashda qo'llanadi. Klinik radiometriya a'zo va to'qimalarda to'plangan birikmalarni bemordagi nurlanishni tashqi tomondan o'lchash yo'li bilan aniqlashga asoslangan. Bu usul bilan qalqonsimon bez funksiyasi aniqlanadi. Klinik radiografiya usulida nishonlangan birikmaning turli a'zolarga o'tish tezligini

aniqlash orqali a'zolarning fiziologik faolligi tekshiriladi. Klinik radiografiyada maxsus radiodiagnostik apparatdan foydalaniladi, radiometrik o'lchov natijalari lenta qog'ozga egri chiziqlar ko'rinishida yozilib boradi.

Skanerlash radioizotop diagnostikaning keng tarqalgan usuli; a'zo va to'qimalar (jigar, buyrak, o'pka, qalqonsimon bez, orqa miya va bosh miya, suyaklar, limfa sistemasi)ning ma'lum radioaktiv preparatlarni to'plab borishiga va buning natijasini skaner deb ataladigan maxsus apparat yordamida qayd qilishiga asoslangan. Skanerda nurlar impulsini qabul qilib oladigan datchik bo'ladi. Bu datchik bemor tanasining tekshirilayotgan joyi ustidan avtomatik ravishda yurib borib, nur impulsini o'ziga qabul qiladi va ularni elektr signallarga aylantirib beradigan moslamaga o'tkazadi, shu moslamadan chiqadigan elektr signallari ularni qayd qilib boradigan qurilmaga tushadi. Elektr impulsi ta'sirida, xuddi yozuv mashinasidagidek, registrator qora lenta ustidan qog'ozga urib, unga shtrixlar, nuqtalar yoki raqamlar ko'rinishidagi belgilarni tushiradi.

Datchik badanning tekshirilayotgan joyi ustidan o'tib borayotganida radioaktiv izotopning a'zoda qanchalik to'planganiga qarab belgilar har xil zichlikda tushadi. Organning radioaktiv preparatni ko'proq yutib olgan qismlaridan skanogrammaga belgilar ancha zich, qalin bo'lib tushadi. Preparat o'tmagan yoki ozroq o'tgan joylardan esa belgilar tushmaydi yoki ancha siyrak bo'ladi.

Radioizotoplar bilan ichki organlarni skanerlash tekshirilayotgan organning organizmda qanday joy olgani, uning shakli va katta-kichikligini, shuningdek, unda patologik o'zgarishlar bor-yo'qligini aniqlashga imkon beradi.

Bemorlarni radioizotoplar yordamida tekshirish usullarining asosiy afzalligi shuki, bunda bemor og'riq sezmaydi va unga hech qanday ziyon etmaydi, lekin olingan natijalar ancha aniq bo'lib chiqadi. Diagnostik maqsadida foydalaniladigan nishonlangan preparatlar kishi organizmiga mutlaqo zararsizdir. Shuning uchun tekshirish paytida bemor normal rejimda bo'ladi.

Yurakni radioizotoplar yordamida tekshirish. Yurakni radioizotoplar yordamida tekshirish usuli miokard tomonidan

«o'zlashtirilgan» (Perfuziya) radioizotop miqdorini aniqlashga asoslangan. Yurak qorinchalari hajmi va katta qon tomirlar anatomiyasini aniqlashda texnikaviy-radioaktiv indikator qon tomiriga yuboriladi hamda qonning eritrotsitlari bilan bog'lanadi. Bundan keyin radioizotop indikator o'ng qorincha, o'pka va yurak chap bo'lmachalari orqali o'tishi stsintillyatsion kamera yordamida qayd qilinadi. Bunda radioizotop axboroti *EKG* bilan sinxron tarzda 2 ta proyeksiyada (old va yonbosh tomondan) qayd qilinadi.

Miokardning radioizotoplik stsintigrafiyasi quyidagi hollarda qo'llaniladi (texnetsiy-99 m):

1. Yurak ishemik kasalligi diagnostikasi.
2. Chap qorincha radionuklidlik ventrikulografiyasi.
3. O'tkir miokard infarkti.
4. Chap qorincha o'lchamlari va qisqaruvchanligini aniqlash.
5. O'ng qorincha gipertrofiyasini aniqlash.

Sog'lom va qon bilan normal ta'minlangan yurakda radioizotop modda (T_1) miokardning barcha devorlariga teng tarqaladi. Ishemiya paydo bo'lganda, masalan, veloergometriya sinamasi o'tkazilganda, yurakning qon bilan kam ta'minlangan devori radioizotopni o'zlashtira olmaydi va «sovuq dog'» sifatida qayd qilinadi. Jismoniy zo'riqish to'xtatilgandan keyin, ishemiya o'tib ketganligi sababli, radioizotop miokarda teng tarqalib, «sovuq dog'» yo'qoladi. Veloergometriya sinamasi yordamida radioizotop ventrikulografiyasi bajarilganda stenokardiya xuruji yuzaga kelgan hollarda yurak devorlari harakatining buzilishi kuzatiladi. Radioizotop (T_1) ventrikulografiya natijalariga asoslangan holda koronar tomirlar spazmi, o'tkazilgan davolashlar natijasi, jumladan, aortakoronar shuntlash operatsiyalarining natijalari baholanadi.

Radioizotop stsintigrafiya yordamida yurak qorinchalari gipertrofiyasini ham aniqlash mumkin. Bunda miokarda lokal defektlar (sovuq dog'lar) koronar arteriyalarda o'zgarishlar bo'lmagan holda aniqlanadi. Bundan tashqari, radioizotop stsintigrafiya yordamida kardiomiopatiyaning turlarini ham aniqlash mumkin. Chap qorincha devorida katta sovuq dog' (defekt >40 %) aniqlanib, u doimiy bo'lmasdan, o'tkinchi bo'lganda, ishemik kardiomiopatiyaga xos alomat hisoblanadi. «Sovuq dog'» (defekt) uncha katta

bo'lmasda (<40 %) u doimiy bo'lganda, ishemik bo'lmagan kardiomiopatiya aniqlanadi.

Dastlab, radiatsion nurlanish tibbiyot amaliyotida stressga qarshi, husnbuzarlarni yo'qotish, impotensiya (jinsiy ojizlik) va saraton o'smalarini davolash maqsadlarida sinovdan o'tkazilgan. Hatto, ayrim go'zallik salonlarida yuz terisida tuklar o'smasligi uchun radiatsion nur yordamida ishlov berilgan, shuningdek sterillash maqsadlarida tish pastasi, shokolad, ichimlik suvi radiatsion nurlanish bilan ishlov berilgan!

• **Verner Forsman** tomonidan egiluvchan materialdan yasalgan kateterning qo'l vena tomiri orqali yurak sohasiga kiritish uslubi ishlab chiqilgan, biroq jarrohlik amaliyotida dastlab bu usuldan foydalanishga ruxsat berilmagan. Shu sababli, V. Forsman ushbu amaliyotni o'z tanasida bir necha marta amalga oshirgan va rentgenologik tasvirga olib ko'rsatgan. Afsuski uning hamkasblaridan ko'pchiligi buni ko'zboylog'ichning oddiy «fokus» i deb hisoblashgan.

1956-yilda kutilmaganda, V. Forsmanga telefon qilishadi va uning tibbiyot va fiziologiya sohasida Nobel mukofoti sovrindori sifatida e'lon qilinganligini xabar beradi. V. Forsman esa, taajublanib, «*Nima uchun?*» deb javob qaytaradi...

• 1967-yilda **Godfri Xaunfeld** hozirgi vaqtda *Kompyuter tomografiyasi* deb nomlanuvchi qurilmaning dastlabki avlodini ishlab chiqqan va 1971-yilda odam organizmi bosh miyasi sohasida joylashgan o'smaga tashxis qo'ygan...

• Kompyuter tomografiyasi usulida radiatsion nurlanishdan foydalaniladi, *magnit-rezonans tomografiya (MRT)* usulida statik magnit maydon ta'sirida nisbatan, odam organizmida yumshoq to'qimalarning va shuningdek, umurtqa pag'onasi va skelet suyaklarining tasvirda yaxshi ko'rinishi bilan tavsiflanadi. Dastlabki *MRT* skaner qurilmasi 1969-yilda fizik **Reymond Damadyan** tomonidan ishlab chiqilgan, bu tadqiqot natijalari 1971-yilda «*Science Magazine*» jurnalida e'lon qilingan va 03.07.1977-yilda odam organizmining dastlabki MRT skanerlash tasviri olingan...

• Graf **Mixail Voronsov** rashk tufayli o'q otar qurol bilan rafiqasini jarohatlaydi va «*yiringli yallig'lanish*» ta'sirida sevimli

ayolining ahvoli og'irlashadi. M.Voronsov jurnalda V.K. Rentgen kashf qilgan nurlanishning diagnostika maqsadlarida foydalanish istiqbollari haqida o'qib qoladi va Kronshtadt harbiy dengiz elektrotexnika maktabida dars Beruvchi, A. Popovga (radio ixtirochisi) yordam so'rab murojaat qiladi. A. Popov katod trubkasini yasaydi va tibbiyot maqsadlariga mo'ljallangan dunyoda birinchi statsionar rentgen apparatini ishlab chiqadi va ushbu apparat yordamida graf M. Voronsovning ayoli tanasidagi o'q parchalarining joylashish holati aniqlanadi va jarrohlik yo'li bilan olib tashlanadi...

Nazorat uchun savollar:

1. Izotopga ta'rif bering.
2. Qanday izotoplar radioizotoplar guruhiga kiritiladi?
3. Zanjir reaksiyasi nima?
4. Radioaktiv yemirilish va yarim yemirilish deb nimaga aytiladi?
5. Radioizotoplar bilan davolash usullari to'g'risida ma'lumotlar bering.
6. Rentgen nurlariga bog'liq davolash.
7. Radioizotoplar asosida davolash va davolashda foydalanilgan radioizotoplarga misollar keltiring.
8. Biologik tadqiqotlarda molekularning strukturasi aniqlashda qanday radiobiologik metodlardan foydalaniladi?

Test savollari

1. Radioizotop diagnostikasida ko'p qo'llaniladigan usullar ko'rsating.
 - A. Lab. radiometriyasi, klinik radiometriya, klinik radiografiya va skanerlash usullari.
 - B. YAMR, rentgenoskopiya, IFA.
 - C. Klinik radiometriya, klinik radiografiya, MRT.
 - D. Hamma javob to'g'ri.
2. Qon plazmasi hajmi va undagi qizil tanachalar sonini aniqlashda radioizotop diagnostikasining qaysi usuli qo'llaniladi.
 - A. Lab. radiometriyasi.
 - B. Klinik radiometriya.
 - C. Klinik radiografiya.
 - D. Skanerlash usullari.

3. A'zolarning fiziologik faolligini tekshirishda Radioizotop diagnostikasining qaysi usuli qo'llaniladi.

- A. Klinik radiografiya usuli.
- B. Lab. radiometriyasi usuli.
- C. Klinik radiometriya usuli.
- D. Skanerlash usullari usuli.

4. Radioizotop diagnostikasining qaysi usulida nishonlangan birikmaning turli a'zolarga o'tish tezligini aniqlash orqali tashxis qilinadi.

- A. Klinik radiografiya usuli.
- B. Lab. radiometriyasi usuli.
- C. Klinik radiometriya usuli.
- D. Skanerlash usullari usuli.

5. Radiometrik o'lchov natijalari lenta qog'ozga egri chiziqlar ko'rinishida yozilib boradigan Radioizotop diagnostikasining usulini aniqlang.

- A. Klinik radiografiya usuli.
- B. Lab. radiometriyasi usuli.
- C. Klinik radiometriya usuli.
- D. Skanerlash usullari usuli.

6. Bemorlarni radioizotoplar yordamida tekshirish usullarining asosiy afzalligi to'liq berilgan javobni ko'rsating.

A. Bunda bemor og'riq sezmaydi va unga hech qanday ziyon yetmaydi, olingan natijalar ancha aniq bo'lib chiqadi. Diagnostik maqsadida foydalaniladigan nishonlangan preparatlar kishi organizmiga mutlaqo zararsiz.

B. Bunda bemor og'riq sezmaydi, olingan natijalar nisbatan aniq bo'ladi. Diagnostik maqsadida foydalaniladigan nishonlangan preparatlar kishi organizmiga mutlaqo zararsiz.

C. Bunda bemor og'riq sezmaydi va unga hech qanday ziyon yetmaydi, olingan natijalar ancha aniq bo'lib chiqadi. Diagnostik maqsadida foydalaniladigan radioizotoplardan foydalaniladi, kishi organizmiga mutlaqo zararsiz.

D. Oldin ishlov berilgan izotoplardan foydalaniladi, zararsiz deb bo'lmaydi.

7. Rentgenostruktur analiz nima?

- A. Rentgen nurlar yordamida modda tarkibini aniqlash.
- B. Rentgen nurlari yordamida moddaga ta'sir ko'rsatishi.
- C. Rentgen nuri yordamida o'simtalarni kuydirish.
- D. Rentgen nuri yordamida moddada tirqish hosil qilish.
- E. B toifa.

F. C toifa

K. TJY.

3. Mamlakatning hamma aholi yashash punktlari qaysi toifaga kiradilar?

A. A toifa.

B. B toifa.

C. C toifa.

D. TJY.

4. Ichki va tashqi nurlanishlar uchun yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan doza (YQD) inson organizmining muhim qismlarini nechta guruhga bo'lish bilan belgilanadi?

A. 5.

B. 4.

C. 3.

D. 2.

5. Nurlanish ta'siridagi kishilarning A toifasi uchun yillik yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan dozani ko'rsating.

A. 5, 10, 15.

B. 4, 8, 12.

C. 3, 5, 10.

D. 5, 15, 30.

Mavzu: Atrof-muhit radiatsiyasi. Radiatsion fon

Reja:

1. Radiatsion ekologiya. Radiatsion monitoring.

2. Tashqi va ichki nurlanish.

3. Radiatsion fon; tabiiy va su'niy radiatsion fon.

Tayanch so'zlar: Radiatsion ekologiya, biotest, bioindikatsiya, ekvivalent doza, effektiv doza, ichki nurlanish, tashqi nurlanish, radiatsion fon; tabiiy va su'niy radiatsion fon, texnogen radiatsion fon, tabiiy radionuklid.

Bilasizmi, XX asrning o'rtalariga kelib, atom (yadro) energiyasi – «kelajak energiyasi» deb nomlangan, albatta, bu fikr hozirgi kunda ham ko'plab olimlar tomonidan tasdiqlanmoqda. Aslida-shundaymi?

«Radioekologiya» atamasi 1956-yilda fanga kiritilgan bo'lib, radioekologiya fan sohasi XX asrning 1950-yillarida yadro quroli sinovlari, atom elektr stansiyalari va yadro obyektlarida yuz bergan halokatlar ta'sirida atrof-muhitning radiatsion ifloslanish darajasi ortishi bilan bog'liq holatda shakllangan.

Radiatsion ekologiya – tabiiy va sun'iy (antropogen) manbalar asosidagi ionlashtiruvchi radiatsion nurlanishning (radionuklidlar) biotsenozlarga ta'sir mexanizmlarini o'rganuvchi fan sohasi hisoblanadi.

❖ «Radioekologiya – bu ionlashtiruvchi nurlanishning doimiy ta'siri sharoitida, organizmlar va ularning jamoalarining o'zaro va atrof-muhit bilan munosabatlarini o'rganuvchi fan sohasi hisoblanadi».

❖ «Radiatsion ekologiya (radioekologiya) – tirik organizmlar va ularning jamoalarining tabiiy radionuklidlar yoki texnogen tavsifdagi radioaktiv ifloslanish manbalari ta'siri sharoitida mavjudligi xususiyatlarini o'rganuvchi fan sohasi hisoblanadi».

Rossiyada radioekologiya fani rivojlanishiga V.I. Vernadskiy, L.P. Rixvanov, A.M. Kuzin, A.A. Peredelskiy, V.M. Klechkovskiy, N.V. Timofeyev-Resovskiy, F.A. Tixomirov, R.M. Aleksaxin, V.A. Shevchenko kabi olimlar katta hissa qo'shishgan.

Radioekologiya fani tabiiy va antropogen kelib chiqish tavsifiga ega bo'lgan ionlashtiruvchi nurlanish turlari va manbalarini o'rganadi, radionuklidlarning biosfera tarkibiy qismlariga tushish qonuniyatlarini tadqiq qiladi va quyidagi bo'limlarga ajratiladi:

- **Nazariy radioekologiya** – radionuklidlarning ekosistemalarda migratsiyasi masalalarini o'rganadi;
- **Eksperimental radioekologiya** – biologik organizmlarga ionlashtiruvchi nurlanishning ta'sir mexanizmlarini o'rganadi va ularni radiatsion nurlanishdan himoya qilish chora-tadbirlarini ilmiy asoslab beradi.

Radioekologiya bevosita – **hayvonlar radioekologiyasi, o'simliklar radioekologiyasi, gidroradioekologiya, mikroorganizmlar radioekologiyasi, o'rmonlar radioekologiyasi, qishloq xo'jaligi radioekologiyasi** va boshqa yo'nalishlarga ajratiladi.

Ma'lumki, ekologik biofizika, jumladan radiatsion ekologiya fan sohalarining amaliy jihatdan muhim vazifalaridan biri – bu atrof-muhitning atropogen omillar ta'sirida ifloslanish (*kimyoviy va fizik, jumladan radiatsion*) darajasini monitoring qilish va uni bartaraf qilish chora-tadbirlarini ishlab chiqishni ilmiy jihatdan asoslab berishdan tashkil topadi.

Ushbu maqsadda 1989-yilda atrof-muhitning ifloslanish darajasini baholash uchun, xalqaro «*Biotest*» dasturi ishlab chiqilgan.

Radiatsion ekologiyada atrof-muhitning turli xil toksik ta'sir ko'rsatish xossasiga ega bo'lgan, radioaktiv chiqindilar bilan ifloslanish darajasini baholashda *biotest* va *bioindikatsiya* uslublaridan foydalaniladi:

- **Biotest (bioassay)** – laboratoriya sharoitida ifloslanish muhiti tarkibidan olingan biologik obyektlar sinov namunalarining morfologik, genetik, biokimyoviy va hakoza, struktura-funksional sistemalaridagi o'zgarishlar asosida muhitning ifloslanish darajasini baholash uslubi hisoblanadi.
- **Bioindikatsiya (bioindication)** – yashash muhitida tabiiy va antropogen tavsifga ega zararli chiqindilar ta'siriga nisbatan tirik organizmlarning javob reaksiyasi asosida, mavjud holatni baholash uslubi hisoblanadi.

Radiatsion ekologiyada radiatsion nurlanish energiyasini hisoblashda yutilgan modda sifatida atmosfera havosi tanlab olinadi, bu holatda **havoda yutilish dozasi** tushunchasi qabul qilinadi.

Masalan, faollik qiymati A bilan ifodalanuvchi, izotrop tavsifga ega foton nurlanishining nurlantirish manбайдan x masofada havoda yutilish dozasi (\dot{D}) qiymati quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$\dot{D} = \frac{A \cdot \sum_{i=1}^I E_{\gamma_i} n_{\gamma_i} \mu_{eni} \cdot 1,6 \cdot 10^{-13}}{4\pi x^2 \cdot \rho^{x_{a60}}} \text{ Gr/s}$$

Bu yerda: A – radionuklidning faolligi (Bk); n_{γ_i} – energiya qiymati E_{γ_i} (MeV) ga teng bo'lgan, I ta parchalanish davomidagi fotonlar son qiymati; $\mu_{eni}^{x_{a60}}$ – energiya qiymati E_{γ_i} ga teng bo'lgan fotonlarning havoda yutilish koeffitsiyenti (m^{-1}); $\rho^{x_{a60}}$ – havoning zichligi (kg/m^3); x – nurlantirish manbasidan hisoblash amalga oshirilgan nuqtagacha bo'lgan masofani ifodalaydi (m).

Biologik to'qima yoki organda yutilgan doza (D_T) – bu to'qima yoki organ tomonidan yutilgan, o'rtacha doza qiymatini ifodalaydi, ya'ni bunda yutilgan nurlanish energiyasining to'qima yoki organda bir tekisda taqsimlanishi e'tiborga olinadi.

Alohida olingan to'qima yoki organga (T) ta'sir ko'rsatuvchi, har xil turdagi va energiyadagi, ya'ni parametr bilan tavsiflanuvchi ionlashtiruvchi nurlanish aralash maydonining ta'sir ko'rsatkichi sifatida **ekvivalent doza** qabul qilinadi.

Ekvivalent doza (H) quyidagi tenglama orqali ifodalanadi:

$$H = \sum_R w_R D_{T,R}$$

Bu yerda radiatsion koeffitsiyent qiymati tegishli jadval asosida aniqlanadi (*8.1-jadval*):

Nurlanish turi	Energiyadiapazoni	
Foton, elektron	Barcha energiyalar diapazoni	1
Neytron	< 10 keV, >20 MeV	5
	10–100 keV, 2–20 MeV	10
	0,1–2 MeV	20
Proton	>2 MeV	5
α zarrachalar	Barcha energiyalar diapazoni	20

Ekvivalent doza o'lchov birligi Zivert (Zv) hisoblanadi:

$$1 Zv = 1 Gr \cdot w_R$$

Biologik organizmda to'qima va organlarning turli xil darajada nurlanishi davomida umumiy holatda organizmga radiatsion nurlanishning salbiy ta'sirini baholash uchun effektiv doza tushunchasi kiritiladi.

Effektiv doza (E) – organizmning barcha to'qima va organlarida yutilgan ekvivalent dozaning umumiy yig'indisi hisoblanadi:

$$E = \sum_T H_T w_T = \sum_T w_T \cdot \sum_R w_R D_{T,R}$$

Radiatsion fon – bu biologik obyektlarga, jumladan odam organizmiga doimiy ravishda ta'sir ko'rsatuvchi, Yer qobig'ida mavjud bo'lgan radioaktiv kimyoviy elementlar (*radionuklidlar*) va kosmik nurlanishlar, texnogen radionuklidlar ta'sirida yuzaga keluvchi ionlashtiruvchi nurlanish hisoblanadi.

Insoniyat tomonidan erishilgan zamonaviy fan-texnika taraqqiyoti davri sanoat miqyosidagi ishlab chiqarishning favqulodda yuqori darajada rivojlanishi, o'z navbatida har yili Yer qa'ridan ~100 000 000 000 tonnadan ortiq turli xil jinslar qazib olinishi, ~1 000 000 000 tonna yoqilg'i yondirilishi, atmosferaga ~20 000 000 000 tonna SO_2 , ~300 000 000 tonna SO , ~50 000 000 tonna NO_x , ~150 000 000 tonna SO_2 , ~5000 000 tonna H_2S , shuningdek ~400 000 000 tonnadan ortiq turli xil zararli chang, aerozollar

ajratilishi, gidrosferaga ~600 000 000 000 tonnadan ortiq chiqindilar, ~10 000 000 tonna neft va neft mahsulotlari chiqarib tashlanishi, qishloq xo'jaligida dunyo miqyosida ekin maydonlari tuproqlari tarkibiga ~100 000 000 tonna atrofida kimyoviy mineralo'g'itlar qo'shilishi, biosferaga ~100 000 000 tonnadan ortiq ksenobiotiklar qo'shilishi hisoblab chiqilgan.

Global miqyosda radioaktiv ifloslanish 1970-yillarga kelib, yadro qurolining sinovlari natijasida $5,5 \times 10^{-19} Bk$ ni tashkil qilishi, shuningdek dunyo okeaniga radioaktiv chiqindilarning chiqarib tashlanishi hisobiga $1,7 \times 10^{17} Bk$ ifloslanish yuzaga kelishi qayd qilingan.

Radiatsion fon ta'sirida odam organizmining radiatsion nurlanish olish jarayoni – **tashqi** va **ichki nurlanish** tavsiflariga ega hisoblanadi.

Tashqi nurlanish – bu odam organizmidan tashqarida joylashgan, ya'ni tashqi muhitda joylashgan radiatsion manbalar va kosmik nurlanishlar ta'sirida yuzaga keladi. Jumladan, turli xil metallar, toshko'mir, neft, gaz va qurilish materiallari tarkibida mavjud bo'lgan radioaktiv elementlar ta'sirida odam organizmi doimiy ravishda radiatsion nurlanish ta'sirida bo'lishi qayd qilinadi. Tashqi muhitda joylashgan radiatsion manbalar ta'sirida odam organizmi ~35 *mBer/yil* radiatsion nurlanish olishi qayd qilinadi.

Ichki nurlanish – bu odam organizmiga bu yordamchi radionuklidlar ta'sirida yuzaga keladi. Organizmga bu yordamchi radionuklidlar ta'sirida odam organizmi ~135 *mBer/yil* nurlanish olishi qayd qilinadi.

Shunday qilib, tashqi va ichki nurlanish ta'sirida odam organizmi yil davomida ~170–200 *mBer/yil* radiatsion nurlanish olishi kuzatiladi.

Radiatsion nurlanish manbalari **tabiiy** va **sun'iy** turlarga ajratiladi.

Yer biosferasida **tabiiy radiatsion** fon – Yer qobig'ida mavjud bo'lgan radioaktiv kimyoviy elementlar (*radionuklidlar*) va kosmik nurlanishlar ta'sirida shakllanadi.

Tabiiy radiatsion fon sharoitida odam organizmi yil davomida kosmik radiatsion nurlanish ta'sirida ~30–50 *milliBer*, tuproq va

havo tarkibidagi radionuklidlar ($^{40}_{19}K$, $^{14}_6C$, 3_1H , $^{210}_{84}Po$, $^{226}_{88}Ra$, $^{228}_{90}Th$) ta'sirida ~80 *milliBer* radiatsion nurlanish olishi qayd qilinadi.

Umumiy holatda, tabiiy radioaktiv nurlanish manbalari (kosmik nurlanish, tuproq-suvning tabiiy radioaktivligi va boshq.) ta'sirida o'rtacha ~125 *mBer/yil* ekvivalent dozadagi radiatsion nurlanish yuzaga keladi.

Tabiiy radiatsion nurlanish manbalari – kosmik radiatsiya, tog' jinslarining γ -nurlanishi kabilardan tashkil topadi.

Yer qatlamida mavjud bo'lgan radioaktiv kimyoviy elementlar – $^{235}_{92}U$, $^{132}_{55}Cs$, $^{226}_{88}Ra$, $^{40}_{19}K$, $^{214}_{83}Bi$, $^{228}_{90}Th$, $^{228}_{89}Ac$ izotoplari ta'sirida biosferada tabiiy radiatsion fon yuzaga keladi.

Yer sharining turli xil mintaqalarida tabiiy radiatsion fon qiymati o'zaro farqlanadi. Yer sharining ayrim hududlarida tabiiy radioaktiv fon qiymati ~4–12 *mkR/s* ni tashkil qiladi va bu hududlarda (Braziliya, Fransiya, Hindiston, Misr) istiqomat qiluvchi aholining radiatsion nurlanishi qiymati ~30–100 *mBer/yilga* teng hisoblanadi.

Fransiya, AQSH, Yaponiyada taxminan 95% aholi istiqomat qiluvchi hududlarda nurlanish dozasi 0,3–0,6 *mZv/yilga* tengligi qayd qilingan. Braziliyaning Posus-di-Kaldas shahri hududining ayrim joylarida bu qiymat 250 *mZv/yilga* teng hisoblanadi. Hindistonning ayrim hududlarida radioaktiv izotopi ko'p tarqalganligi ta'sirida nurlanish dozasi ~8,5 *mZv/yilga* teng hisoblanadi. Eronning Ramser shahri hududida bu qiymat ~400 *mZv/yilni* tashkil qiladi.

Texnogen radiatsion fon – bevosita odam faoliyati bilan bog'liq holatda, Yer qa'ridan foydali qazilma ma'danlari, qurilish materiallarini qazib olish, katta miqdorda saqlash, qayta ishlash va foydalanish, atom texnologiyalaridan foydalanish va radioaktiv chiqindilarni saqlash va qayta ishlash jarayonida yuzaga keladi.

Odatda, radiatsion fon qiymatini o'lchash birligi sifatida **ekspozitsion doza quvvati** birligidan foydalaniladi. Belgilangan normalar bo'yicha, 5–25 *mkRentgen/soat* qiymatidagi radiatsion

fon odam organizmi uchun normal darajadagi radiatsiya deb qabul qilingan.

Odam organizmi tomonidan qabul qilinuvchi umumiy samarali ekvivalent nurlanish dozasi qiymati (2,421 *mZv*) tarkibida – tabiiy radionuklidlar ta'sirida nurlanish 2 *mZv* (~82,61%) va texnogen tavsifga ega radiatsion manbalar ta'sirida radiatsion nurlanish 0,421 *mZv* (~17,39%) ga teng hisoblanishi qayd qilinadi. Bunda tabiiy radiatsion nurlanish qiymati tarkibida Yer qobig'ida joylashgan radionuklidlar ta'sirida 1,675 *mZv* (69,186%), kosmik nurlanish ta'sirida 0,315 *mZv* (13,011%) ga tengligi qayd qilinadi.

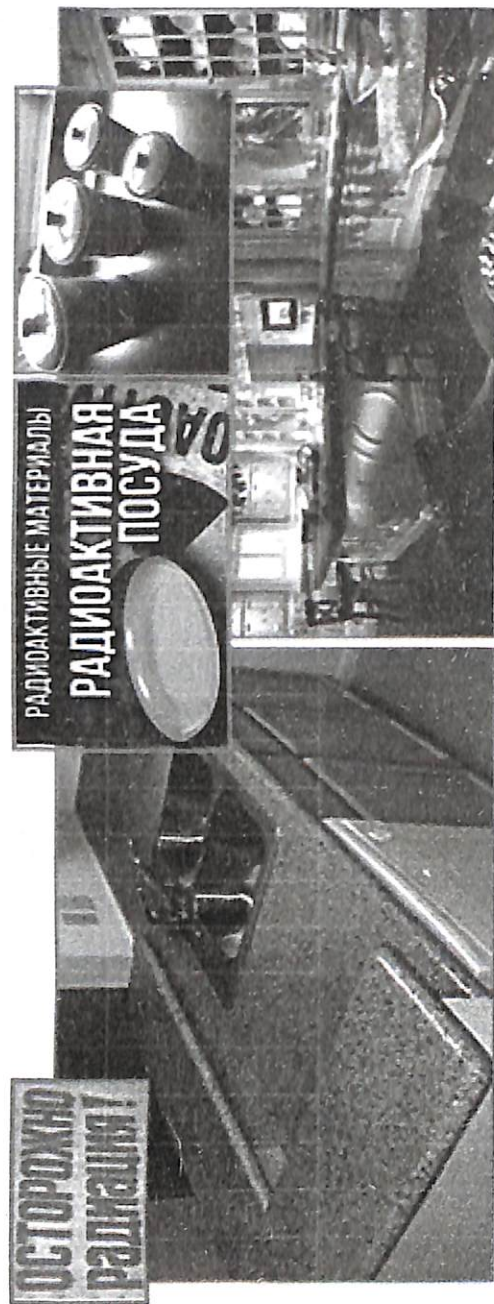
Ko'pgina holatlarda tarkibida tabiiy radionuklidlar yuqori konsentratsiyada to'planuvchi tabiiy materiallardan ishlangan obyektlar texnogen tavsifga ega radiatsion fonni yuzaga keltirishi qayd qilinadi. Masalan, dunyo miqyosida radiatsion nurlanish dozasi nisbatan yuqori bo'lgan inshootlardan biri – bu dunyoning eng yirik vokzallaridan biri bo'lgan Nyu-York vokzali (Grand Central Station) hisoblanadi. Bu inshoot poydevori va devorlari tarkibida yuqori konsentratsiyada radioaktiv izotoplar mavjud bo'lgan granit tog' jinsidan qurilgan. Bu vokzalda ~1 soat davomida poyezdni kutish davomida odam organizmi ~0,06 *milliRem* qiymatda radiatsion nurlanish olishi qayd qilingan.

Qurilish materiallari tarkibida mavjud bo'lgan radioaktiv izotoplar ta'sirida yuzaga keluvchi radiatsion fon bino va inshootlar ichki qismida 15–20 *mkR/soat* ruxsat etilish qiymatida belgilanadi.

17-jadval

Ayrim qurilish materiallari tarkibida radiy ($^{226}_{88}Ra$) va toriy ($^{232}_{90}Th$) radioaktiv izotoplarining solishtirma faolligi qiymati

Qurilish materiali	$^{226}_{88}Ra$ (<i>Bk · kg⁻¹</i>)	$^{232}_{90}Th$ (<i>Bk · kg⁻¹</i>)
Sement	9–168	4–81
G'isht	33–152	21–178
Beton	11–80	9–105
Cherepitsa	63–91	32–64

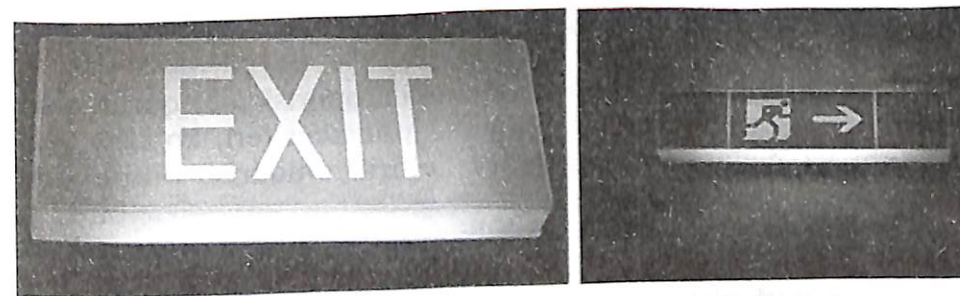


Tarkibida radioaktiv moddalar mavjud vahtsuloftlar

Shuningdek, ustki qismi granit bilan qoplangan oshxona stoli, granit qurilish materiali ishlatilgan uy jihozlari, ayrim turdagi manzarali sopol buyumlar, ayniqsa — 1960-yilga qadar ishlab chiqarishda urfga aylangan, qizg'ish va jigarrang tusli chinni va sopol idishlar materiali tarkibida radioaktiv $^{238}_{92}U$ izotopi yuqori konsentratsiyada mavjudligi aniqlangan.

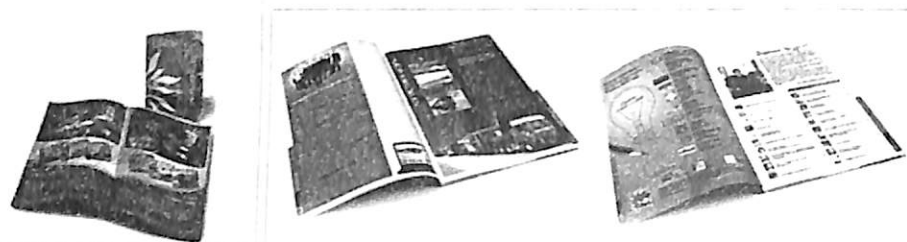
Tabiiy yoki texnogen tavsifda halokat yuz bergan favqulotda vaziyatlarda fuqaro mudofaasi xavfsizligini ta'minlash maqsadida, ommaviy foydalanishga mo'ljallangan bino va inshootlar evakuatsion chiqish yo'laklarini ko'rsatish belgilari nur sochuvchi harflar bilan «Exit» yozuvi qayd qilinadi.

Bu yorug'lik nurlanishi elektr quvvati yordamida hosil qilinmaydi, chunki favqulodda halokat ro'y bergan vaziyatda elektr toki o'chib qolishi tabiiy holat hisoblanadi, shu sababli bu moslamalarda radioaktiv 3_1H izotopidan foydalaniladi. Bundan tashqari, silliq va bejirim ko'rinishda ishlab chiqariluvchi jurnal sahifalarini tayyorlashda tarkibida radioaktiv $^{228}_{90}Th$ va $^{238}_{92}U$ izotoplari sezilarli miqdorda mavjud bo'lgan oq loy — kaolin ishlatiladi.



Ehtiyot belgilari

Aeroportlarda foydalaniluvchi «backscatter machine» tipidagi skaner qurilmasi rentgen nurlanishi asosida oz funksiya bajaradi. Ushbu skaner qurilmasini ishlab chiqaruvchi kompaniyalar tomonidan bir martalik skanerdan o'tish davomida yo'lovchi orga-



Zaharli tipografiya mahsulotlari

nizmi tomonidan olinuvchi radiatsion nurlanish doza qiymati odatdagi tibbiy rentgen apparatidan foydalanishga nisbatan $\sim 1/1000$ qismni tashkil qilishi ta'kidlanadi.

Shuningdek, yo'lovchilar buyumlarini tekshirishga mo'ljallangan — «FEP ME640» skaner qurilmasida sezilarli darajada kuchli dozaga ega rentgen nurlanishidan foydalaniladi.



Rentgen tasvirlari

Tibbiyot mutaxassislari tomonidan aeroportskaner qurilmalari odam organizmida o'sma kasalligini, jumladan teri, ko'krak bezi saratoni va melanoma kasalligini keltirib chiqarish ehtimolligi mavjudligini qayd qilingan.

Hozirgi vaqtda AQSH, Angliya aeroportlariga o'rnatilgan rentgen skanerlari odam organizmiga $\sim 0,005-0,01$ *milliRem* radiatsion nurlanish berishi aniqlangan.

Solishtirish uchun qayd qilish mumkin — mammografiya usulida ko'krak bezining rentgen apparatida tekshirilishi davomida odam organizmi ~ 13 *milliRem* radiatsion nurlanish oladi.

AQSH aeroportlarida foydalaniluvchi «Rapiscan Secure 1000 SP» skanerida bo'yi 178,6 sm va tana vazni 73,2 kg odam organiz-

mi bir marta skanerdan o'tkazilganda 11,1 *nanoZivert* radiatsion nurlanish olishi aniqlangan.



«FEP ME640» skaner qurilmasi



Rentgen skanerlari

Radiatsion nurlanishning *sun'iy manbalari* — tibbiyot (rentgenodiagnostika, radiatsion terapiya) va sanoat maqsadlarida foydalaniluvchi rentgen nurlanishi va γ -nurlanishini hosil qiluvchi qurilmalar, atom elektr stansiyalari, radioaktiv chiqindilarni qayta ishlash va saqlash obyektlari hisoblanadi.

Shuningdek, tibbiyot amaliyoti foydalaniluvchi o'pka flyuorografiyasida tasmali (eski) yoki raqamli (zamonaviy) tipdagi rentgen apparatlaridan foydalanishga bog'liq holatda, $\sim 0,1-0,9$ *mZv* radiatsiya olish qayd qilinadi.

Stomatologik rentgen apparatidan bir marta foydalanish davomida 3 mZv radiatsion nurlanish olish qayd qilinadi.

Rentgen tomografiya usuli yordamida odam organizmida to'liq tekshirish davomida ~15–20 mZv radiatsiya olish qayd qilinadi.

Nazorat savollari

1. Radiatsion monitoring nima va uning kuzatish jarayoni natijalari tahlili?
2. Uyali aloqa vositalari bilan ishlashda nimalarga e'tibor berish lozim?
3. Televizor orqali nurlanish ko'rsatgichi qanchaga teng?
4. Radiatsion fon nima?
5. Tabiiy va sun'iy radiatsion fonni tushuntiring?
6. Kompyuter orqali ish bajarganda kattalar uchun belgilangan soat qanchaga teng bo'lishi lozim?
7. Tabiiy va sun'iy radiatsion fon va ularning nazorat qilish.
8. Radionukleotidlar nima va ularning qo'llanilishi?
9. Radon radioaktiv izotopi va ularning qo'llanilishi.
10. Radioizotoplar asosida biologik muammolar yechimi.

Test savollari

1. Rossiyada radioekologiya fani rivojlanishiga qaysi olimlar katta hissa qo'shishgan?

- A. V.I. Vernadskiy, L.P. Rixvanov, A.M. Kuzin.
- B. A.A. Peredelskiy, V.M. Klechkovski, N.V. Timofeyev-Resovski.
- C. F.A. Tixomirov, R.M. Aleksaxin, V.A. Shevchenko.
- D. Bu olimlarning hammasi katta hissa qo'shishgan.

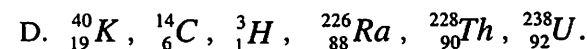
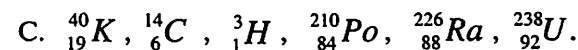
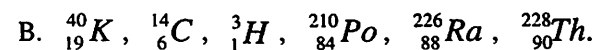
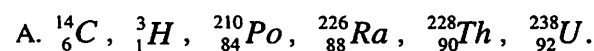
2. Ekvivalent dozaqanday tenglama orqali ifodalanadi?

- A. $H=wD$.
- B. $H=wD$.
- C. $H=wD$.
- D.

3. Rentgen tomografiya usuli yordamida odam organizmida to'liq tekshirish davomida qancha radiatsiya olish qayd qilingan?

- A. ~35–40 mZv.
- B. ~25–30 mZv.
- C. ~15–20 mZv.
- D. ~5–10 mZv.

4. Tuproq va havo tarkibidagi radionuklidlarning to'g'ri ro'yxatini ko'rsating.



5. Odam organizmi yil davomida kosmik radiatsion nurlanish ta'sirida qancha radiatsion nurlanish olishi qayd qilinadi?

- A. ~30–50 milliBer.
- B. ~10–20 milliBer.
- C. ~60–80 milliBer.
- D. ~70–90 milliBer.

Mavzu: Radionuklidlar bilan oziq-ovqat mahsulotlari, qishloq xo'jalik mahsulotlari orqali zararlanish va ularga qarshi chora-tadbirlar

Reja:

1. Radionuklidlarning oziq-ovqat xomashyosining asosiy guruhlaridagi konsentratsiyasi va taqsimlanishi.
2. Radionuklidlarning normalanishi. Radioyuklamani kamaytirishning elementar yo'llari.
3. Radioaktiv zararlanish sharoitida aholi ovqatlanishini tashkillashtirish.

Tayanch so'zlar: Nuklid, gidrobiont, radionuklidlarning me'yorlanishi, konsentratsiya, taqsimlanish, ifloslangan hududlar.

Radionuklidlarning oziq-ovqat xomashyosining asosiy guruhlaridagi konsentratsiyasi va taqsimlanishi. Asosiy doza yaratuvchi elementlar (yod-131, seziy-137 va stronsiy-90) yuqori ko'chib yurish (shu jumladan, ozuqa zanjirlari bo'yicha ham) qobiliyatiga ega bo'ladi. Radionuklidlarning o'simliklar va hayvonlarda to'planishi ko'pincha ularning atrof-muhitdagi miqdoridan oshib ketadi. Nuklidlarning ozuqa zanjirlarining alohida bo'g'inlari bo'ylab taqsimlanishini o'ziga xosligi ularning turi bilan ifodalanadi. Ozuqa zanjirlari quyidagi qismlarga ajratiladi:

- 1) o'simliklar — odam;
- 2) o'simliklar — hayvonlar — sut — odam;
- 3) o'simliklar — hayvonlar — go'sht — odam;
- 4) o'simliklar — parrandalar — tuxum — odam;
- 5) suv — gidrobiontlar — odam.

Har bir bo'g'inning ifloslanishi sirtqi va tuzilmaviy xususiyatga ega bo'ladi. Tuzilmaviy ifloslanishda bo'g'inlarning har biridagi metabolik jarayonlar kechishida o'simliklar va hayvonlar organizmlaridagi a'zolar va to'qimalarda biomajmualar shaklidagi radionuklidlar to'planadi. Ko'pchilik hollarda radionuklidlarning ozuqa zanjirlari bo'ylab ko'chib yurishining dastlabki bo'g'ini o'simliklarning ifloslanishi bo'ladi. O'simliklarga nuklidlar

aerozollar ko'rinishida barglar, navdalar, glyukozalar, mevalarga tushib bevosita ifloslashi yoki tuproqdan ildizlar orqali so'rib olinishi mumkin. Rezorbsiya jarayonlari nisbatan tez kechadi. O'simliklarning sirtqi ifloslanishi radioaktiv yog'inlarning zichligi, yog'adigan aerozollarning fizikaviy-kimyoviy ko'rsatkichlari, meteorologik o'ziga xosliklariga bog'liq bo'ladi. Seziy-137ning o'simlik qoplamida ushlanib qolish koeffitsiyenti 0,1 dan 0,36 gacha bo'ladi.

Radionuklidlarning aerozollardan ushlanib qolish darajasiga qarab, o'simliklarni quyidagi kamayuvchi tartibda joylashtirish mumkin: karam — lavlagi — kartoshka — bug'doy — tabiiy o't-o'lanlar. Tuproqdan qishloq xo'jaligi ekinlarining ildiz tizimi orqali to'planish darajasiga qarab, nuklidlar quyidagi kamayib boruvchi tartibda joylashtirilishi mumkin:

- seziy — 137 uchun: dukkalkilar — kartoshka — suli — loviya — marjumak — bug'doy — tariq — yasmiq;
- stronsiy — 90 uchun: dukkalkilar — marjumak — no'xat — bug'doy — yasmiq — qand lavlagi — kartoshka — jo'xori.

Ko'p yillik o'simliklar bir yilliklarga nisbatan radionuklidlarni yaxshiroq to'playdi. Nuklidlarning o'simliklarda to'planish darajasi boshqa sharoitlar teng bo'lgan holda ikkita faktor: tuproq turi va o'simlik navining uyg'unlashishiga bog'liq bo'ladi. Aytaylik, beda stronsiyni eng ko'p darajada to'plab olishga qodir bo'ladi, ammo chimzor-kulrang (oriq) tuproqlarda o'tish koeffitsiyenti — 3,3 % ga, qoratuproqli zaminda esa — faqatgina 0,9 % ga teng bo'ladi. Tuproq sharoitlari turlicha bo'lgan ifloslangan hududlarda u yoki bu qishloq xo'jalik ekinlarini yetishtirish uchun xuddi shunga o'xshash tahlil o'tkazilishi lozim. Hayvonlardan olingan mahsulotlar inson organizmiga radionuklidlar tushishining asosiy manbalaridan biridir.

Hayvonlarda nuklidlarning to'planishi va ularning sutiga, go'shtiga, tuxumiga o'tishi yemlarining ifloslanish darajasiga, yadro bo'linishi mahsulotlarining fizikaviy-kimyoviy xossalriga va ularning fiziologik holatlariga bog'liq bo'ladi. Eritilgan holda seziyning qariyb 100 % va stronsiyning 30—60 % hayvonlarning oshqozon-ichak yo'llarida absorbsiyalanadi. Kavsh qaytaruvchi

hayvonlarning o'zlashtirish foizi biroz pastroq — 50...80 % (seziy uchun) bo'lib, bu qattiq yemlarning sorbsionlik xossalari balandligi bilan bog'liqdir.

Nuklidlarning to'planish darajasi hayvonlarning turiga bog'liq bo'ladi. Uzoq vaqt davomida tushganida 1 kg mushaklardagi sezii quyidagini tashkil etadi: sigirda — kundalik tushishning 4 %, qo'yda — 8%, echkida — 20 %, cho'chqada — 26 %, tovuqda — 46 % (!). Boshqa teng sharoitlarda yosh jonivorlarda izotoplar nisbatan shiddatliroq to'planadi.

Sutemizuvchi hayvonlardagi radionuklidlar salmoqli miqdorda sut bilan birga chiqariladi. Uzoq vaqt davomida tushganda 1 l sutdagi nuklidlar quyidagi miqdorda bo'ladi: sigirda — kundalik tushish kattaligining 0,8...1,2 % i, qo'yda — 5...15 %, echkida — 10...20 %. Yadro bo'linishi mahsulotlarining juda kam tushishida sut bilan chiqariladigan faollikning kattaroq qismi inkorporatsiyaning dastlabki sutkalariga to'g'ri keladi.

Radionuklidlar salmoqli miqdorda tuxumlarga o'tadi: parrandalar organizmiga uzoq vaqt davomida tushganida, tuxumlarda sutkalik tushishning 2,3...3,3 % i kattaligida qayd etiladi. Seziy va stronsiyning izotoplari turli muhitlarda tuxumlarda tanlab to'planadi.

Stronsiyning katta qismi tuxum qobig'ida (90 % dan ko'proq), qolgani esa asosan tuxum sarig'ida to'planadi. Seziyda esa, aksincha, asosiy miqdor tuxum ichida to'planadi, tuxum oqida sarig'iga nisbatan 2—3 barobar ko'proq nuklid qayd etiladi. Faqat 1—2 % seziygina tuxum qobig'ida ushlanib qoladi.

Katta miqdordagi gidrobiontlar radionuklidlarni to'playdi. Seziyning baliqlar mushak to'qimalarida to'planish koeffitsiyenti 1000 gacha yetadi. Chuchuk suv baliqlaridagi sezii dengiz baliqlarinikiga nisbatan 1—100 marta ko'proq bo'ladi. Yirtqich va plankton bilan oziqlanuvchi baliqlarni qiyoslaganda ham xuddi shunga o'xshash nisbatlar qayd etiladi. Shuni ham qayd etib o'tish joizki, ozuqa zanjirlari bo'ylab ko'chib yuradigan stronsiy suyak to'qimalarida (*yoki tuxum qobig'ida*) tanlab to'planadi. Tropli to'qimalardan faol chiqariladigan seziiydan farqli o'laroq, suyak to'qimalari (*yoki tuxum qobig'i*)dagi stronsiy konsentratsiyasi

nisbatan uzoqroq vaqt davomida ushlanib turadi. Sanitariyagigiyena tadbirlarini o'tkazish paytida buni hisobga olish shart.

Alohida mahsulot turlarining organizmga radionuklidlarni tushish manbai sifatidagi ahamiyati, birinchidan, ushbu mahsulotning sutkalik oziq-ovqatlar to'plamidagi ulushiga va ikkinchidan, unda alohida nuklidlarning to'planish darajasiga qarab aniqlanadi.

Radionuklidlarning normalanishi. Normalarni ishlab chiqishda ksenobiotiklarning o'rtacha sutkalik mahsulotlar to'plamidagi alohida mahsulot turlaridagi ulushi, shuningdek, ma'lum bir hududdagi oziq-ovqat mahsulotlari tarkibidagi haqiqiy miqdori aniqlanadi.

Oziq-ovqat mahsulotlaridagi sezii-137 va stronsiy-90 radionuklidlarining miqdori shunday hisoblanadiki, haqiqiy bo'lmagan sharoitlarda aholining tarkibidagi radionuklidlar MYD darajasida bo'lgan barcha oziq-ovqat mahsulotlarini bir yil davomida muntazam iste'mol qilganida ham kutiladigan ichki nurlanishning samarali dozasi 5 *mZv*. dan oshmaydi. Bundan kelib chiqadiki, inson 70 yillik umri davomida 350 *mZv*, ya'ni radiatsion muhofaza bo'yicha xalqaro komissiya nurlanishning yo'l qo'yish mumkin bo'lgan dozasi sifatida tavsiya etgan dozadan oshiq olmaydi.

Mahsulotlardagi radioaktivlik darajasining MYD ko'rsatkichlaridan oshib ketishi davlat sanepid nazoratini amalga oshiruvchi idoralar va boshqa nazorat qiluvchi davlat xizmatlarining muayyan oziq-ovqatlarning aholi ovqatlanishida qo'llanilishini to'xtatib, uni keyinchalik zararsizlantirib (*dezaktivatsiya qilib*), qayta tekshiruvdan o'tkazishi va xulosa chiqarishi uchun asos bo'ladi.

Radioaktiv zararlanishni kamaytirishning elementar yo'llari. Ifloslanishning dastlabki bosqichlarida uran va plutoniy bo'linishlari reaksiyalarida yod-131 ko'p ajralib chiqishi va ko'chib yurish (migratsion) qobiliyati yuqori bo'lganligi sababli ham, yod-131 alohida xavfga ega bo'ladi. Biroq yarim parchalanish davri qisqa bo'lishining sharofati bilan to'g'ri tashkil etilgan muhofaza tadbirlari uning zararli ta'sirini salmoqli pasaytirishga imkon beradi. Radioaktiv yod bilan ifloslanish ho'latida kritik mahsulot — sutdir. Aholining 2—3 hafta (organizmdan yodning samarali chiqib ketish davri) davomida toza sut bilan ta'minlanishi uning to'planish

darajasini keskin pasaytirishga imkon beradi, kaliy yodat yordamida dori-darmonli muhofazalash esa qalqonsimon bezni qo'shimcha himoyalash imkonini beradi. Ifloslangan sutga qayta ishlov berilib, radioaktiv yodning parchalanib ketishini ta'minlaydigan muddat davomida saqlanadigan quyultirilgan sut, pishloq, saryog' va boshqa shu kabi mahsulotlarni tayyorlashda ishlatish mumkin. Boshqa oziq-ovqat va yem tayyorlanuvchi xomashyolar borasida ham xuddi shunaqangi tavsiyalar beriladi.

To'g'ri pazandalik ishlovi berilishi oziq-ovqat mahsulotlaridagi va sutkalik ratsiondagi sezii-137 va stronsiy-90 miqdorining ahamiyatli pasayishiga yordamlashadi. Mahsulotlarga ishlov berishni iliq oqar suvda yaxshilab yuvishdan boshlab, zaruratga ko'ra, ichimlik sodasi eritmasidan foydalanish kerak. Ba'zi sabzavotlar (karam, piyoz, sarimsoq)ni yuvishdan oldin ularning ifloslangan ustki qavatini shilib tashlash maqsadga muvofiqdir. Go'shtga mexanik ishlov berish biriktiruvchi to'qimalarning ifloslangan joylarini olib tashlashdan iborat bo'ladi.

Tugunaklar, ildizmevalar va mevalarning po'sti archiladi, chunki tashqi qavatlardagi radionuklidlar etidagiga nisbatan anchagina ko'proq (umumiy radioaktivlikning 50 % igacha) bo'ladi. Bunday chora ayniqsa yuqori ifloslangan hududlarda judayam muhimdir.

Mahsulotlarga ishlov berishning keyingi bosqichi — toza suvda 2–3 soat davomida ivitib qo'yishdir. Ushbu bosqich radionuklidlar bilan ayniqsa ko'proq ifloslangan mahsulotlar (yangi va quritilgan qo'ziqorinlar, o'rmon yong'oqlari va hokazo) uchun tavsiya etiladi. Go'sht va chuchuk suv baliqlarini pazandalik ishlovi berilishi oldidan uncha katta bo'lmagan bo'laklarga bo'linib, suvda ivitib qo'yish lozim.

Radioaktivlik bilan ifloslanish oshgan sharoitlarda mahsulotlarga issiqlik ishlovi berishning yagona afzal usuli — qaynatishdir. Ovqatni bunday tayyorlash usuliga alohida afzallik berilishining sababi shundaki, qaynatganda radionuklidlar va boshqa yot moddalarning salmoqli qismi qaynatilgan suvga chiqib ketadi. Turgan gapki, bu mahsulotlar qaynatilgan suv iste'molga yaroqsizdir. Mahsulotni 5–10 daqiqa qaynatib, suvi to'kib tashlanadi, keyin

uni boshqa suvga solib, qaynatishda davom etiladi va bu suvni endi ovqatlanishda ishlatish mumkin. Ushbu usul go'shtli, baliqli, sabzavotli birinchi taomlar va garnirlarni tayyorlash uchun qo'l keladi, ammo qo'ziqorinlarni ikki marta 10 daqiqadan qaynatib, har safar suvini to'kib tashlash tavsiya etiladi. Buning sababi shundaki, ifloslangan hududlardagi qo'ziqorinlar radionuklidlarning eng ko'p qismini o'ziga yig'ib olish xususiyatiga egadir.

Nuklidlarni qaynatilgan suv (sho'rva)ga chiqarib yuborishda suvning tuzli tarkibi va pH ham ta'sir qiladi. Aytaylik, kartoshka va go'shtdagi stronsiyning qaynatilgan suv (sho'rva)ga chiqishi quyidagichadir (xom mahsulotning faolligiga nisbatan protsentlarda): distillangan suvda — 30, ichimlik suvida — 57, nordon-sut kalsiyli ichimlik suvida — 85. Po'sti archilib qaynatilgan kartoshkaning me'yoriy ta'm xususiyatlarini ta'minlaydigan (6 g/l) osh tuzining mavjud bo'lishi 45 % seziyning qaynatilgan suvga chiqib ketishini ta'minlaydi (tuzsiz qaynatilganda bu ko'rsatkich 7 % ni tashkil etadi).

Mahsulotlar radionuklidlar bilan ifloslanganda ovqat tayyorlash uchun ularni qovurish va dimlash tavsiya etilmaydi. Pazandalik ishlovi berishning ushbu turlarida barcha radioaktiv moddalar mahsulotning o'zida qoladi, ulardagi suyuqlikning bug'lanib ketishi natijasida konsentratsiyasi hatto oshadi ham.

Sabzavot, mevalar, qo'ziqorinlarni tuzlaganda, tuzlangan mahsulotlar bilan iste'mol qilingan sezii miqdori dastlabki mahsulotlarda mavjud bo'lganidan ko'ra ikki barobar kamroq (mahsulotlar tuzlangan nomakob ovqatga solinmagan taqdirda) bo'ladi.

Donlarga ishlov berib, un va yormalar tayyorlanganda, ularning salmoqli miqdordagi radioaktivlikka ega bo'lgan ustki qobig'i olib tashlanadi.

Shu tufayli ham un va yormalardagi radionuklidlar miqdori dondagiga nisbatan 1,5–3 barobar pastroq bo'ladi. Yangi sutdan yog'li va oqsilli konsentratlar olish yo'li bilan sutli mahsulotlardagi nuklidlar konsentratsiyasini ahamiyatli pasaytirishga erishish mumkin (8-jadval).

Sutdagi radionuklidlar qayta ishlov berilgan mahsulotga tayyor mahsulotning yog'liligiga teskari proporsional ravishda o'tadi.

Sutdan qayta ishlangan mahsulotlarga o'tuvchi
radionuklidlar miqdori

Mahsulot	Radionuklid, %		
	Seziy-137	Stronsiy-90	Yod-131
Tvorog (pishloq)	10 – 21	14 – 27	-
Smetana	9	-	-
Suyuq qaymoq	5 – 7	3 – 7	16
Saryog'	1,5	1	3,5

Bundan kelib chiqadiki, ratsiondan sabzavot va qo'ziqorinlar qaynatilgan suvni, go'sht, baliq qaynatilgan sho'rvani, tuzlangan karamning nomakobini, sut zardobini chiqarib tashlash bilan organizmga radionuklidlar tushishini salmoqli darajada kamaytirish mumkin ekan.

Shuni ham yodda tutish lozimki, oziq-ovqat mahsulotlaridan radionuklidlarni chiqarib tashlashning yuqorida ko'rsatib o'tilgan pazandalik usullaridan foydalanish faqatgina radioaktiv ifloslanish aniqlangan (*MYD* dan oshiq bo'lgan)dagina asosli bo'ladi.

Ifloslanish yo'q bo'lgan holda esa ushbu usullar bilan mahsulotlarga ishlov berish ulardagi vitaminlar, mineral moddalar, aminokislotalar, ovqat tolalari salmoqli yo'qotilishi hisobiga ularning ozuqaviy qiymati yo'qotilishiga sabab bo'lishi mumkin. Shu tariqa, mahsulotning radionuklidlar bilan ifloslanish darajasiga qarabgina tavsiya etiluvchi pazandalik ishlovi berish usullaridan to'liq hajmda yoki qisman foydalanish haqida qaror qabul qilinishi lozim.

Tanlangan pazandalik ishlovi berish sxemasining maqsadi barcha holatlarda ham minimal texnologik ta'sir ko'rsatilgan holda nuklidlarning qoldiq miqdorlarini *MYD*gacha kamaytirishdan iborat bo'ladi.

Mahalliy ozuqa xom-ashyosi va uning asosidagi mahsulotlarning ahamiyatli darajada ifloslanishi sharoitlarida buning oqibatida mahsulotlarga muhim ozuqa moddalarini muqarrar

yo'qotilgan holda to'liq ishlov berish sxemasini amalga oshirish zarurati tug'ilganida, polivitaminli va vitamin-mineralli farmakologik dori-darmonlarni majburiy qo'llash va zudlik bilan chetdan olib kelingan yuqori sifatli mahsulotlar hisobidan «oziq-ovqat savati» sifatini oshirish kabi chora-tadbirlar tavsiya etiladi.

Radioaktiv zararlanish sharoitida aholi ovqatlanishini tashkil-lashtirish. Ifloslangan hududlardagi aholining optimal ovqatlanishini tashkil etish ratsional ovqatlanishning asosiy talablari asosida atrof-muhit sharoitlari va elementar adaptatsiyaning asosiy yo'nalishlaridan kelib chiqqan holda bajarilishi lozim.

Ifloslangan hududlardagi bolalar va kattalarning ovqatlanish ratsionining asosiy qoidalarini bajarish quyidagilardan iborat:

- oqsillar ulushini asosan hayvonlardan olingan oqsillar hisobiga ratsion kaloriyaliligining 15% igacha ko'paytirish (ular umumiy oqsil tushishining 60% ini tashkil etishi lozim);

- yog' tushishi ratsion kaloriyaliligining 30% igacha cheklab qo'yilishini o'simlik yog'lari miqdorini umumiy yog' tushishining 30% igacha kamaytirish hisobidan amalga oshirilishi (bu ratsiondagi *PTYOK* pasayishiga olib keladi);

- ratsiondagi antioksidant vitaminlar: *E*, *S*, *A* vitaminlari, β -karotin, bioflavonoidlar miqdorini yoshga oid me'yorlarga nisbatan 20–50% gacha oshirish;

- ovqat tolalari miqdorini 20–30% gacha oshirish;

- mineral moddalar: kalsiy, kaliy, yod, magniy, temir, selen oshiqcha tushishini ta'minlash;

Aholini tavsiya etilgan ozuqa moddalari va quvvat bilan ta'minlash uchun ratsionni tuzishning quyidagi qonun-qoidalari nazarda tutilishi kerak:

- ratsionda to'laqonli oqsillar, *A* vitamini, temir, mikroelementlar manbalari – go'sht, parranda go'shti, baliqning yog'siz turlari, ich mahsulotlari yetarlicha bo'lishi;

- ovqatlanishda *C* vitamini, β -karotin, kaliy, ovqat tolalari, organik kislotalar manbalari bo'lgan sabzavotlar, mevalar va oshko'klardan keng foydalanilishi; har kuni eti bilan birga olingan sharbatlar ichish;

- haqiqiy kalsiy va to'laqonli oqsil manbai bo'lgan sut, tvorog, pishloqni yetarlicha iste'mol qilish;

- ratsionga yod, alginatlar, mikroelementlar manbai bo'lgan dengiz mahsulotlari (dengiz baliq'i va sut o'tlari)ni kiritish.

Profilaktika mahsulotlaridan umumiy ovqatlanish tizimida va uy sharoitida foydalanish imkoniyati aholini kimyoviy tarkibiy qismi va quvvatli qiymatiga ko'ra gigiyena talablariga javob beradigan mahsulotlar to'plami bilan ta'minlash vazifasini yengillashtiradi.

8-jadval

Ayrim oziq-ovqat mahsulotlari tarkibida radionuklidlarning miqdori

Mahsulot nomi	Solishtirma radioaktivlik qiymati (Bk/kg)	
	Radioaktiv $^{40}_{19}K$ izotopi bo'yicha	Radioaktiv $^{226}_{88}Ra$ izotopi bo'yicha
Bug'doy	148	0,074–0,096
Kartoshka	129,5	0,022–0,044
No'xot	273,8	0,29–0,87
Mol go'shti	85,1	0,029–0,074
Baliq go'shti	77,7	0,015–0,027
Sut	44,4	0,001–0,011

Ayrim oziq-ovqat mahsulotlarida radionuklidlarning ruxsat etilgan me'yoriy qiymati quyidagi ko'rinishda belgilangan:

- Sut tarkibida 30–100 Bk/kg;
- Mol va qo'y go'shti – 500 Bk/kg;
- Parranda go'shti – 180 Bk/kg;
- Sabzavotlar – 100 Bk/kg;
- Mevalar – 40 Bk/kg;
- Don mahsulotlari – 90 Bk/kg;
- Oziq-ovqat maqsadida foydalaniluvchi zambrug'lar – 370 Bk/kg.

Odam organizmiga radionuklidlarning 30–50% gacha qismi non mahsulotlari bilan birgalikda kirishi, ushbu ko'rsatkich bo'yicha ikkinchi o'rinda sut va sut mahsulotlari va uchinchi o'rinda kartoshka, meva va sabzavotlar, keyingi o'rinda esa go'sht va baliq mahsulotlari turishi qayd qilingan.

Shuningdek, tarkibida radionuklidlarning to'planishi darajasiga ko'ra quyidagicha:

Loviya > no'xot > sabzi > lavlagi > kartoshka > sarimsoq piyoz > piyoz > pomidor > bodring > karam.

Umuman turli xil oziq-ovqat mahsulotlari tarkibida mavjud bo'lgan radioaktiv izotoplar ta'sirida odam organizmi yil davomida o'rtacha ~40 *milliBer* radiatsion nurlanish olishi hisoblab chiqilgan. Ayrim mahsulotlar, jumladan, kartoshka, dukkakli mevalar, yong'oq va kungaboqar urug'i tarkibida radioaktiv izotoplar miqdori sezilarli darajada yuqoriligi aniqlangan.

9-jadval

Ayrim oziq-ovqat mahsulotlari tarkibida $^{90}_{38}Sr$ radioaktiv izotopining to'planishi qiymati

Oziq-ovqat mahsulotining nomi	miqdori $^{90}_{38}Sr$
Ichimlik suvi	0,37 Bk/l
Sut va sut mahsulotlari Non va non mahsulotlari Kartoshka	3,7 Bk/l

❖ Eng yuqori dozaga ega bo'lgan radiatsion meva!

Braziliya yong'og'i – oziq-ovqat mahsulotlari orasida eng yuqori qiymatda radiatsion nurlanish olishga sabab bo'luvchi manbalardan biri hisoblanadi. Bu meva daraxtining ildizi tuproq qatlamiga chuqur kirib borishi va tarmoqlanishi natijasida, tuproq qatlami tarkibida mavjud bo'lgan radioaktiv $^{226}_{88}Ra$ izotopi meva tarkibida yuqori konsentratsiyada to'planadi.

Braziliya yong'og'i Amazonka daryosi havzasida o'suvchi (50–60 metr), 500–1000-yil yashovchi daraxt (*Bertholletia*

Bonpl. 1807) hisoblanib, bitta tupidan 200 kg gacha meva yig'ishtirib olinadi.

Tarkibida *E*, *S*, *V* vitamin, 10 ga yaqin mikroelementlar, flavonoidlar, 18 ta aminokislota, quruq og'irligiga nisbatan 70% moy, 20% oqsil, 10% uglevod mavjudligi aniqlangan va odam organizmida immunitetni kuchaytiruvchi ta'sirga ega. Hozirgi vaqtda Braziliya yong'og'idan oziq-ovqat sanoatida va farmatsevtikada keng miqyosida foydaniladi.

Braziliya yong'og'ining radiatsion nurlanish doza qiymati ~40–260 Bk/kg ni tashkil qiladi va bu qiymat tarkibidagi radionuklidlar boshqa oziq-ovqat mahsulotlariga nisbatan solishtirganda ~1000 martagacha yuqoriligi qayd qilinadi.



Braziliya yong'og'i

Nazorat savollari

1. Radioaktivlik nima?
2. Ionlovchi nurlanish odam organizmiga qanday ta'sir ko'rsatadi?
3. Radiatsion o'choq nima?
4. Radioaktiv chang odam organizmiga qaysi yo'llar bilan kiradi?
5. Radionuklidlarning zararlovchi ta'siri nimaga bog'liq?
6. Organizmda radionuklidlarning so'rilish va to'planishining oldini olish uchun nimalar qilish kerak?
7. Qanday ovqat mahsulotlari radionuklidlarni organizmdan chiqarilishiga yordam beradi?
8. Shikastlanish o'chog'ida zararlanganlarni parvarish qilishda nimalarga ahamiyat berish kerak?

Test savollari

1. Sabzavot, mevalar, qo'ziqorinlarni tuzlaganda, tuzlangan mahsulotlar bilan iste'mol qilingan seziiy miqdori dastlabki mahsulotlarda mavjud bo'lganidan ko'ra, necha barobar kamroq bo'ladi?

- A. 5.
- B. 4.
- C. 3.
- D. 2.

2. Radioaktivlik bilan ifloslanish oshgan sharoitlarda mahsulotlarga issiqlik ishlovi berishning yagona afzal usuli — ...

- A. Qizdirishdir.
- B. Isitishdir.
- C. Qaynatishdir.
- D. Qovurishdir.

3. Radioaktiv ifloslanishning dastlabki bosqichlarida uran va plutoniy bo'linishlari reaksiyalarida nima ko'p ajralib chiqadi?

- A. Co — 60.
- B. Yod — 131.
- C. Stronsiy — 90.
- D. Seziiy — 137.

4. Sutemizuvchi hayvonlardagi radionuklidlar salmoqli miqdorda nima bilan birga chiqariladi?

- A. Sut.
 - B. Siydik.
 - C. Axlat.
 - D. Ter.
5. Qaysi o'simliklar nisbatan radionuklidlarni yaxshiroq to'playdi?
- A. Hamma o'simliklar radionuklidlarni bir xil to'playdi.
 - B. Ikki yilliklar.
 - C. Bir yilliklar.
 - D. Ko'p yilliklar.

Mavzu: Insonlarda patologik holatlarning yuzaga kelishida radiatsiyaning ta'siri

Reja:

1. Radioaktiv nurlarning inson organizmiga ta'siri. Nurlanish normalari
2. Radioaktiv nurlanishlarga qarshi kurash chora-tadbirlari.
3. Radiatsiyadan kelib chiqadigan patologik holatlar.

Tayanch so'zlar: Muhofaza ekranlari, o'sma kasalliklari, ko'krak saratoni, konserogenez, radiatsiya, patologiya, ekspozitsion, yuza, chuqurlik, nisbiy.

Radioaktiv moddalar ma'lum xususiy xossalariga ega bo'lib, inson organizmiga ta'sir qilishi natijasida xavfli vaziyat vujudga kelishi mumkin. Radioaktiv moddalarning eng xavfli tomoni shundaki, uning ta'siri inson organizmidagi sezish organlariga sezilmaydi. Ya'ni inson radioaktiv nurlar ta'sirida uzoq vaqt ishlashiga qaramasdan, ularning zararli ta'sirlarini mutlaqo sezmasligi mumkin. Buning natijasi esa ayanchli tugaydi.

Shuning uchun ham radioaktiv moddalar bilan ishlaganda, ayniqsa, o'ta ehtiyotkor bo'lish kerak. Inson organizmining radioaktiv nurlanishi ichki va tashqi bo'lishi mumkin. Tashqi tomondan nurlanish ma'lum tashqi nurlanuvchi manba ta'sirida kechganligi sababli, tarqalayotgan nurlarning kirib borish kuchi katta ahamiyatga ega. Kirib borish kuchi yuqori bo'lgan nurlarning organizmga zarari ham kuchliroq bo'ladi. Ichki nurlanish nur tarqatuvchi moddalar inson organizmining ichki tizimlariga, masalan, yemirilgan teri qatlamlari orqali qonga, nafas olish a'zolari, o'pkaga va shillimshiq moddalarga, ovqat hazm qilish a'zolariga tushib qolgan taqdirda ro'y beradi.

Bunda nurlanish nur tarqatuvchi modda qancha vaqt nurlansa yoki qancha vaqt davomida organizmda saqlansa, shuncha vaqt davom etadi. Shuning uchun ham radioaktiv moddalarning katta parchalanish davriga va kuchli nurlanishga ega bo'lganda, ayniqsa, xavfli hisoblanadi. Radioaktiv nurlanishlarning biologik ta'siri organizmdagi atom va molekulalarning ionlanishi sifatida

tavsiflanadi va bu o'z navbatida har xil kimyoviy birikmalar tarkiblarining o'zgarishiga va normal molekulyar birikmalarda uzilishlar bo'lishiga olib keladi.

Bu o'z navbatida tirik hujayralardagi modda almashinuvining buzilishiga va organizmda biokimyoviy jarayonlarning ishdan chiqishiga sabab bo'ladi. Katta kuchdagi nurlanish ta'siri uzoq vaqt davom etsa, ba'zi bir hujayralarning halokati kuzatiladi va bu ayrim a'zolarining, hattoki, butun organizmning halokati bilan tugaydi. Radioaktiv nurlanishlar ta'sirida organizmning umumiy qon aylanish tizimining buzilishi kuzatiladi.

Bunda qon aylanish ritmi susayadi, qonning quyilish xususiyati yo'qolib boradi, qon tomirlari, ayniqsa, kapilyar qon tomirlari mo'rt bo'lib qoladi, ovqat hazm qilish a'zolarining faoliyati buziladi, odam ozib ketadi va organizmning tashqi yuqumli kasalliklarga qarshi kurashish qobiliyati kamayadi. Radioaktiv moddalaning qo'lga ta'sir qilishi oldin sezilmaydi. Vaqt o'tishi bilan qo'l qurushqoq bo'lib qoladi, unda yorilishlar kuzatiladi, tirnoqlar tushib ketadi.

Radioaktiv nurlarning alfa va beta nurlari tashqaridan ta'sir ko'rsatganda organizmning teri qavati yetarlicha qarshilik ko'rsata oladi. Ammo bu radioaktiv nurlar ovqat hazm qilish a'zolariga tushib qolganda ulaning zararli ta'siri kuchayib ketadi. Ko'pchilik radioaktiv moddalar organizmning ba'zi bir qismlarida yig'ilish xususiyatiga ega.

Masalan, jigar, buyrak va suyaklarda yig'ilishi butun organizmni tezda ishdan chiqaradi. Ba'zi bir radioaktiv moddalar zaharli bo'lib, ularning zaharlilik darajasi eng xavfli zararli moddalarnikidan ham yuqori bo'ladi.

Organizmning nurlanish dozasini hisobga olib radioaktiv moddaning inson organizmidagi miqdorini baholash mumkin.

Radioaktiv izotoplar bilan ish bajariladigan sanoat korxonalarida, bu korxonalarda to'g'ridan-to'g'ri shu izotoplar bilan ishlayotganlardan tashqari, qo'shni xonalarda boshqa ishlar bilan shug'ullanayotganlar, shuningdek, sanoat korxonasi joylashgan zonada yashovchilar ham bir muncha radioaktiv nurlanishlar ta'siriga tushib qolishlarini hisobga olish kerak.

Ishchilari va boshqa ishlar bilan radioaktiv zonalarda shug'ullanayotgan va yashayotgan shaxslarning xavfsizligini ta'minlashning asosiy vositalari: xavfsiz oraliq masofalari bilan ta'minlash, nurlanish vaqtini kamaytirish, umumiy muhofaza vositalari va shaxsiy himoya vositalaridan foydalanishdir. Bunda, radioaktiv nurlanishlar miqdorini o'lchash asboblardan foydalanib nurlanish dozasi bilish muhim ahamiyatga ega.

Ionlashtirilgan nurlanishlardan ishchilarni saqlash qoida va normalari hamda qo'llaniladigan himoya vositalari juda xilma-xildir. Asosiy normalovchi hujjat sifatida quyidagilardan foydalaniladi: «Radioaktiv xavfsizlik normalari (NRB-76)». «Radioaktiv moddalar va boshqa ionlashgan nurlanish manbalari bilan ishlovchilar uchun asosiy sanitariya qoidalari» (OSP-72); GOST 12.2.018-76 «SSBT. Rentgen qurilmalari. Havfsizlikning umumiy talablari»; GOST 17.4.001-75 «SSBT. Ishchilarni muhofaza qilish vositalari. Sinflari». Joriy qilingan normalar bo'yicha nurlanishning yo'l qo'yiladigan dozasi (YQD), shuningdek, ishlovchi uchun bir yillik nurlanish darajasi 50 yil davomida organizmda yig'ilgan taqdirda uning sog'lig'iga va avlodlari sog'lig'iga zarar yetmaydigan miqdorlari belgilangan.

Radioaktiv nurlanishlar kishi organizmining hammasiga birdan ta'sir ko'rsatmasdan, ba'zi bir a'zo va hujayralarini ko'proq zararlashi aniqlangan. Shuning uchun ham nurlanishning umumiy dozasi emas, balki organizmning qaysi qismida radioaktiv nurlanuvchi moddalar yig'ilganligi hisobga olinadi. Chunki bu yig'ilgan qismlardagi radioaktiv moddalar butun organizm falokatini ta'minlashi mumkin. Shuning uchun radioaktiv nurlanishlar xavfsizlik normalari NRB-76 bo'yicha, yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan dozalari (YQD) ichki va tashqi nurlanishlar bo'yicha belgilanganda, nurlanuvchilar toifasi va xavfli a'zolar hisobga olinadi.

A – toifasi: ionli nurlanishlar manbalarida mehnat qilganliklari sababli, nurlanish ta'siriga duchor bo'lishi mumkin bo'lgan shaxslar.

B – toifasi: nurlanishlar bilan ish olib boriladigan sanoat korxonasi joylashgan joyda yoki unga yaqin zonalarda yashovchi shaxslar.

C – toifasi: mamlakatning hamma aholi yashash punktlari.

Ichki va tashqi nurlanishlar uchun yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan doza (YQD) inson organizmining muhim qismlarini 3 guruhga bo'lish bilan belgilanadi:

- 1) butun tana, qizil suyak iligi;
- 2) muskullar, qalqonsimon bez, yog' to'plovchi hujayralar, jigar, buyrak, taloq, ovqat hazm qilish a'zolari, o'pka, ko'z qorachig'i va boshqalar;
- 3) suyak to'qimalari, qo'l terisi, yelka, boldir va tovonlar.

A va *B* toifasiga kiradigan ishchilarning muhim xavfli a'zolarining ichki va tashqi nurlanishda yo'l qo'yiladigan dozasi quyidagicha:

9-jadval

Nurlanish ta'siridagi kishilar toifalari	Yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan doza (yiliga Ber hisobida, havfli organlar guruhlar uchun)		
	I	II	III
A	5	15	30
B	0,5	1,5	3

Har qanday holatda ham 30 yil davomida yig'ilgan doza yo'l qo'yish mumkin bo'lgan dozadan 12 martadan oshmasligi kerak. Nurlanishning yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan dozasi *A* toifasidagi ishchilar 1 toifa a'zolari uchun quyidagi formula bilan aniqlanadigan dozadan ortib ketmasligi kerak.

$D < 5(N-18)$, bunda, *D* – doza; *N* – ishchining yoshi, yil.

Ishchilarning ichki nurlanishlarini kamaytirish uchun radioaktiv moddalari ochiq holatda ishlatishga yo'l qo'ymaslik, odam ichki a'zo olariga, xonadagi havo muhitiga tushib qolmasligini ta'minlash, shuningdek, radioaktiv moddalar bilan qo'l, kiyim va xonadagi jihozlar yuzasini zararlanshdan saqlash kerak.

Ochiq holda ishlatilganda ichdan nurlantirish xavfi bo'lgan radioaktiv moddalar yosh guruhga bo'linadi: *A* – nihoyatda yuqori nurlanish aktivligiga ega bo'lgan izotoplar; *B* – yuqori nurlanish aktivligiga ega bo'lgan izotoplar; *D* – o'rtacha nurlanish aktivligiga

ega bo'lgan izotoplar; E — kichik nurlanish aktivligiga ega bo'lgan izotoplar; F — nurlanish aktivligi juda kam bo'lgan izotoplar.

Radioaktiv moddalar bilan ochiq holda ishlaganda ularning zararli nurlanish aktivligiga qarab uch sinfga bo'linadi. Zararli nurlanish aktivligi bo'yicha III—IV sinfga mansub moddalar bilan kimyo laboratoriyalarida ishlash mumkin. I va II sinf moddalar bilan esa maxsus jihozlangan ma'lum sanitariya-gigiyena va texnik talabga javob beradigan xonalarda ish olib borish tavsiya etiladi. III—IV sinf moddalarni ishlatganda ba'zi bir yengil operatsiyalarni ish stolida, asosan, maxsus shamollatiladigan shkaflarda bajariladi. I va II sinf radioaktiv moddalar bilan ishlash asosan shamollatiladigan shkaflarda yoki maxsus bokslarda amalga oshiriladi.

Radioaktiv moddalar bilan ishlaganda, radioaktiv modda zarralari ish joylarini, odamning qo'llari va boshqa ochiq tana qismlariga o'tirib qolishi, havo muhitiga o'tib qolishi va u yerda radioaktiv nurlanish manbalari hosil qilishi mumkin. Shuningdek, bu radioaktiv changsimon moddalar nafas yo'llari yoki teri orqali organizm ichki a'zolariga kirib qolishi mumkin.

Terining nurlanish dozasini katta aniqlik bilan hisoblash imkoniyatlari bor. Buning uchun ish bajarilayotgan zonaning zararlanish darajasi aniqlanadi. Bunda ishlatilayotgan moddaning aktivligi va zararlangan yuzaning kattaligi hisobga olinadi.

Ichdan nurlanish dozasini hisoblash ancha qiyin, chunki u bir qancha omillarga bog'liq. Teri, shaxsiy muhofaza aslahalari va xonalar ishchi yuzalarining yo'l qo'yiladigan zararlanish darajasi aniqlanmaydi. Bular radioaktiv moddalar bilan ishlashda orttirilgan tajribalarga asoslangan sanitariya qoidalarida belgilanadi.

Radioaktiv moddalar bilan ishlayotgan ishchilarni nurlanishdan muhofaza qilishning turli xil usullaridan foydalaniladi. Bunda nurlanish tashqi va ichki bo'lishini hisobga olinishi zarur. Tashqi nurlanishlardan saqlashda asosan nurlanish vaqtini belgilash nurlanayotgan modda bilan ishchi orasidagi masofani saqlash va ekranlar yordamida to'siq vositalaridan foydalaniladi. Ishchining radioaktiv nurlanish zonasida bo'lish vaqti, uning yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan dozada nurlanish olish vaqtidan oshirmasligi kerak. Nurlanish intensivligi nurlanayotgan modda bilan ishchi

orasidagi masofa kvadratiga teskari proporsional ekanligini hisobga olganda, ma'lum masofada turib ishlaganda ekranlardan foydalanmasa ham bo'ladi.

Muhofaza ekranlari konstruksiyalari har xil bo'lib, ularning bir joyga o'rnatilgan, harakatlantiradigan, qismlarga bo'linadigan va stol ustida ishlatiladigan turlari bo'ladi. Muhofaza ekranlari har xil moddalarning nurlanish zarralarini o'tkazmaslik xususiyatiga asoslangan. Ekran qalinligini uning muhofaza qilishi zarur bo'lgan nurlanuvchi modda intensivligini hisobga olgan holda ma'lumotnomalarda keltirilgan jadval va nomogrammalar asosida qabul qilinadi.

Alfa nurlanishlardan saqlanishda ekran qarshiligini hisoblashning ehtiyoji yo'q. Chunki bu nurlanishlar harakat doirasi eng kuchli radioaktiv moddalarda ham 55 mmdan oshmaydi. Alfa nurlanishlarni oyna, pleksiglas, folganiy eng yupqa xili ham ushlab qolish imkoniyatiga ega.

Beta nurlanishlardan muhofaza qilishda beta nurlarining harakat masofalarini hisobga olgan holda ekran moddasi va qalinligi tanlanadi.

Gamma nurlanishlardan muhofaza qilishda og'ir metallardan foydalanish kerak. Masalan, qo'rg'oshin, volfram va boshqalar yaxshi natija beradi. O'zlarining muhofazalanish xususiyatlariga ko'ra o'rtacha og'irlikdagi metallar ekran sifatida yaxshi natija beradi (po'lat, cho'yan, mis birikmalari va boshqalar).

Ekranlar yordamida ish joylaridagi nurlanishni xohlagan miqdorda kamaytirish imkoniyatlari bor. Rentgen qurilmalarini ishlatganda ikki xil nurlanish hosil bo'ladi. Bular to'g'ri tushayotgan nurlar va har xil yuzalarga tushib qaytgan nurlardir. Ish bajarilayotgan vaqtda bu nurlarning ikkalasidan ham muhofazalanish chora-tadbirlarini ko'rish kerak.

Muhofaza ekranlarining puxta ishlayotganligi o'lchash asboblari yordamida tekshirib turiladi. Yopiq holatdagi nurlanuvchi moddalar bilan ishlaganda asosan tashqi nurlanishlarga qarshi muhofaza aslahalaridan foydalaniladi.

Sanoat korxonalarida sharoitida ishchilar metall va kristallarning tarkibi tahlilini o'tkazayotgan vaqtda rentgen nurlanishlariga yoki

lampa generatorlar ta'sirida tushib qolishlari mumkin. Ishchilarning rentgen nurlari ta'sirida kasallikka chalinib qolmasliklarini ta'minlash uchun ish bajariladigan xonalarni rentgen nurlarini o'tkazmaydigan materiallardan tayyorlangan ekranlar bilan to'sish lozim. Qo'rg'oshin plastinkalari, qo'rg'oshinlashtirilgan rezina materiallari bunday nurlarni yutish qobiliyatiga ega.

Rentgen qurilmalarini quruq, yog'och polli xonalarga o'rnatish kerak. Bu xonalarning shamollatish darajasi 3–5 dan kam bo'lmasligi kerak. Ochiq holatdagi radioaktiv moddalar bilan faqat bosimi kamaytirilgan, mustahkam yopiladigan shkaf, boks va kameralarda ish bajarish kerak. Qurilmaning mustahkam berkitilganligi tekshirib turiladi.

Ish bajarish joylariga qo'lqoplar o'rnatib qo'yilgan bo'ladi. Bunday qurilmalar uchun bosim kamaytirilishi 200 Pa dan kam bo'lmasligi va bu tekshirib turilishi kerak. Izotoplar bilan bajariladigan har xil operatsiyalarni bokslarda bajarish tavsiya etiladi. Bokslar pleksiglas, alyuminiy, zanglamaydigan po'lat bilan qoplangan berk kameralardan iborat bo'lib, unga rezina qo'lqop yoki manipulyatorlar o'rnatilgan bo'ladi. Boks ichidagi bosim ma'lum miqdorda kamaytirilgan bo'lib, bosim o'lchash asboblari bilan tekshirib turiladi. Bu qurilmalar radioaktiv moddalar yordamida turli vazifalarni bajarish imkoniyatini beradigan qurilmalar bilan jihozlanadi.

Radioaktiv moddalar bilan ish bajariladigan binolarning devorlari, pol, shift va eshiklari tekis va silliq bo'lishi kerak. Hamma burchaklar, radioaktiv moddalardan tozalash oson bo'lishi uchun yarim aylana shakliga keltiriladi. Xonalarda shaxsiy muhofaza vositalari uchun havo berish tizimlari tashkil qilinadi. Bino maxsus sanitariya-gigiyena jihozlariga ega bo'lishi kerak. Bular — yuvinish qurilmalari, dush xonalari, suv ichish favvoralari va boshqalardir. Bu qurilmalar tuzilishiga ko'ra shunga o'xshash sanitariya-texnik qurilmalaridan bir muncha farq qiladi.

Masalan, qo'l yuvish qurilmalarida kran o'rniga pedal o'rnatiladi. Shuningdek, bu xonalarda albatta issiq suv ta'minoti bo'lishi shart. Kanalizatsiya tizimlari zararsizlantirish qurilmasiga ega bo'ladi. Radioaktiv moddalar maxsus zich yopiladigan idishlarda

saqlanadi. Radioaktiv moddalar bilan ish bajariladigan va ular saqlanadigan binolar eshiklariga radioaktiv xavf belgisi qo'yiladi.

Kanserogen omillar orasida turli nurlar — quyosh nurlari, rentgen nurlari, atom yadrosi parchalanganida ajralib chiqadigan zarralar, radionuklidlar muhim o'rin tutadi. Kobalt, nikel va radioaktiv gazlarga boy ruda kavlab oluvchi ishchilarda o'pka raking ko'p uchrab turishi ana shuning yorqin isbotidir. Bunda so'z yo'l qo'yiladigan dozalardan katta miqdordagi alfa-zarrachalarning odam nafas yo'llariga uzoq muddat ta'sir o'tkazishi to'g'risida bormoqda. Metalldagi yoriq-darzlarni aniqlash uchun rentgenografiya usulidan foydalanadigan metallurgiya zavodlari xodimlari va rentgenologlar qo'l barmoqlarida paydo bo'ladigan kasbga aloqador rak ham shu qatorga kiradi.

Radiy kanserogenligi birinchi marta soat zavodlarining siferblatni bezatuvchi ishchilarida aniqlangan edi: radioaktiv moddasi bo'lgan nozik cho'tkachani og'izga solib xo'llash odamlarning suyaklarida shu modda to'planib borishiga olib kelar, shuning natijasida osteogen sarkomalar paydo bo'lar edi.

Quyosh nurlarining uzoq ta'sir etib turishi bilan teri raki, bazal hujayrali rak va melanoma o'rtasida bog'lanish borligi aniqlangan.

Xirosima va Nagasaki, shuningdek Chernobil shaharlarining qayg'uli tajribasi leykozlar, qalqonsimon bez, sut bezi, o'pka, yo'g'on ichak o'smalarining kelib chiqishida ionlashtiruvchi nurlar rol o'ynashini ko'rsatib turibdi.

Radiatsion kanserogenez mexanizmi unchalik aniq emas, lekin quyidagicha taxminlar bor:

1) radiatsiya tufayli boshlangan mutatsiyalar normal hujayralar proton-kogenlarini faollashtirib qo'yishi mumkin;

2) radiatsion mutatsiyalar hujayralarning tabiatan boshqacha kanserogen ta'sirlarga sezuvchanligini kuchaytira oladi;

3) radiatsiya hujayraning halok bo'lishiga olib kelishi mumkin, lekin tirik saqlanib qolgan hujayralar ko'payishda davom etadi va demak, onkogen ta'sirlarga sezuvchan bo'lib qoladi;

4) radiatsiyadan shikast etganida o'sha joyda o'sma paydo bo'lgunicha oradan uzoq vaqt o'tishi, ya'ni o'sma paydo bo'lishi,

latent davrining uzoq davom etishi, aftidan, tashqi muhitning boshqa omillari ta'sirida qo'shimcha mutatsiya ro'y berishi mumkinligidan darak beradi.

Radiatsiya xromosomalar alteratsiyasiga (*translokatsiyasiga*) sabab bo'ladi, shu narsa hujayralar mutatsiyasiga olib keladi. Radiatsiya ham, xuddi kimyoviy kanserogenlar singari onkogen genlarni faollashtirib, o'sma paydo bo'lishiga to'sqinlik qiladi, supressor genlarni bo'g'ib qo'yadi.

Ultrabinafsha nurlarning kanserogen ta'siri diqqatga sazovor. Quyosh nurlari ta'siri ostida yassi hujayrali teri raki, melanoma paydo bo'lishi tasvirlangan, bunday hodisa Avstraliya, yangi Zelandiyada ko'p kuzatiladi. Ma'lumki, ultrabinafsha nurlar hujayralardagi *DNK* ni zararlaydi. Sog'lom odamda hujayralardagi bir qancha reparativ fermentlar yordamida *DNK* asliga kelishi mumkin. Masalan, pigmentli kserodermiya, Fankoni anemiyasi, Blush sindromi, ataksiya, teleangiektaziya singari autosom-retsessiv o'zgarishlar bo'lgan mahalda ana shu fermentlar tanqis yoki noraso bo'lib qoladi, bu narsa *DNK* reparatsiyasini izdan chiqaradi. Shu xildagi irsiy patologiyasi bor odamning teri rakiga moyil bo'lishining sababi ham shunda.

Radiatsiya, ta'sir mexanizmi har qanday bo'lganida ham, o'smalarga sabab bo'la olishi aniqlangan, shuning uchun radioaktiv moddalardan foydalanib qo'llaniladigan terapevtik muolajalar va diagnostik sinamalarni shu moddalarning onkogen ta'sirini hisobga olib o'tkazish kerak.

Nazorat uchun savollar:

1. Nurlanish dozasi nima?
2. Ekspozitsion doza nima?
3. Biologik (ekvivalent) doza nima?
4. Xavfsiz doza quvvati (radioaktiv fon) nima?
5. Geyger hisoblagichining ishlash prinsipini tushintiring.
6. «Wilson kamerasi»ning ishlash prinsipini tushintiring.
7. «Pufakchali kamera»ning ishlash prinsipini tushintiring.
8. Stsintillyatsion detektorlar qanday tuzilgan?
9. Fotorezistorlar nima?

Test savollari

1. Ionli nurlanishlar manbalarida mehnat qilganliklari sababli, nurlanish ta'siriga duchor bo'lishi mumkin bo'lgan shaxslar qaysi toifaga kiradilar?

- A. A toifa.
- B. B toifa.
- C. C toifa.
- D. Tjy.

2. Nurlanishlar bilan ish olib boriladigan sanoat korxonasi joylashgan joyda yoki unga yaqin zonalarda yashovchi shaxslar qaysi toifaga kiradilar?

- A. A toifa.
- B. B toifa.
- C. C toifa.
- D. Tjy.

3. Mamlakatning hamma aholi yashash punktlari qaysi toifaga kiradilar?

- A. A toifa.
- B. B toifa.
- C. C toifa.
- D. Tjy.

4. Ichki va tashqi nurlanishlar uchun yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan doza (YQD) inson organizmining muhim qismlarini nechta guruhga bo'lish bilan belgilanadi?

- A. 5.
- B. 4.
- C. 3.
- D. 2.

5. Nurlanish ta'siridagi kishilarning A toifasi uchun yillik yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan dozani ko'rsating.

- A. 5, 10, 15.
- B. 4, 8, 12.
- C. 3, 5, 10.
- D. 5, 15, 30.

YAKUNIY TESTLAR

1. Azot oksidi bilan zaharlanganda qanday antidot vosita qo'llaniladi?

- A. Kislorod. C. Antifomsilan.
B. Antisian. D. Bunday vosita yo'q.

2. Radioproektorlar qaysi guruh vositalariga taalluqlidir?

- A. Nurlanishni profilaktika qilish.
B. Patogenik terapiya.
C. Yuqori radiorezistentlikni uzoq vaqt davomida ushlab turish.
D. Radionuklidlar inkorporatsiyasida birinchi yordam ko'rsatish.

3. Quyidagi kasalliklar nurlanish dozasiga bog'liq deb hisoblanadi:

- A. Irsiy kasalliklar. C. O'tkir nur kasalligi.
B. Leykozlar. D. Saraton kasalligi.

4. Yutilgan dozaning o'lchov birligi (SI sistemasida):

- A. Bekkerel. C. Rentgen.
B. Grey. D. Ber.

6. Qaysi biologik to'qimaning radiosezgirliги eng yuqori hisoblanadi?

- A. Suyak. C. Nerv.
B. Mushak. D. Mieloid.

7. Hayot davomida inson nurlanishning asosiy dozasini quyidagi faktor tufayli oladi:

- A. Tabiiy radiatsion fon.
B. Kasbiy nurlanish.
C. Yadro qurolining sinovlari.
D. Tibbiy maqsadlardagi nurlanish.

8. Gamma-nurlanishdan tarkibida quyidagi moddalari mavjud materiallar samarali himoya qiladi:

- A. Og'ir metallar. C. Vodorod.
B. Yengil metallar. D. Uglarod.

9. Qaysi olimlar birinchi bo'lib turli to'qimalarning radiosezgirliги darajasini aniqlovchi ko'rsatkichlarni kashf etishgan?

- A. I. Bergon'e va L. Tribondo.
B. G. Xeyneke va Ye. London.
C. A. Guskova va G. Baysogolov.
D. M. Orfila va T. Gogengeym.

10. Nurlanishning yutilish dozasi deb nimaga aytiladi?

- A. Organizmga ixtiyoriy yo'l bilan tushgan radionuklidlar miqdori.
B. Moddaning birlik massasiga nurlanish tomonidan berilayotgan energiya miqdori.
C. Radioaktiv izotoplarning yutilishi natijasida yig'ilgan nurlanish dozasi.
D. Zarrachalar zaryadi yig'indisining hajmga nisbati

11. Nurlanish dozasining quvvati birligini ko'rsating.

- A. Rentgen/soat. C. Kyuri/min.
B. Bekkerel'/soat. D. Kulon/kg.

12. Mitozlarning radiasion bloki deb nimaga aytiladi?

- A. Hujayralarning bo'linish xususiyatining butunlay yo'qolishi.
B. Hujayralarning bo'linish xususiyatining vaqtincha yo'qolishi.
C. Hujayra bo'linishi jarayoning sekinlashishi.
D. Bo'liniyotgan hujayralarning halok bo'lishi.

13. Ionlashtiruvchi nurlanishlarning bilvosita ta'siriga quyidagilar kiradi:

- A. Nurlanish kinetik energiyasining biomolekularlarga uzatilishi.
B. Biomolekular tomonidan yutilgan energiyaning kimyoviy bog'lanishlar orqali migratsiyasi.
C. Molekularlarning energiya yutishi tufayli o'zgarishi.
D. Molekularlarning suv radiolizi mahsulotlari tufayli o'zgarishi.

14. To'g'ri tenglikni ko'rsating.

- A. 1 rad = 100 Gr. C. 1 Gr = 1 rad.
B. 1000 rad = 1 Gr. D. 1 Gr = 100 rad.

15. Neytronlar oqimidan tarkibida quyidagi moddalari mavjud materiallar samarali himoya qiladi:

- A. Og'ir metallar. C. Vodorod.
B. Yengil metallar. D. Uglarod.

16. Imidazolinlar guruhiga kiruvchi radioproektorni ko'rsating:

- A. Indralin.
- C. Meksamin.
- B. Dietilstil'bestrol.
- D. Sistamin.

17. Nurlanishning ekspozitsion dozasiga tegishli o'lchov birligini ko'rsating (SI sistemasi):

- A. Kyuri.
- C. Kulon/kg.
- B. Grey.
- D. Ber.

18. Nurlanishning ekspozitsion dozasiga tegishli o'lchov birligini ko'rsating (SGS sistemasi).

- A. Grey.
- C. Kulon/kg.
- B. Rentgen.
- D. Zivert.

19. Hujayralar halok bo'lishining interfaz shakli nimadan iborat?

- A. Hujayralarning bo'linish xususiyatining butunlay yo'qolishi
- B. Hujayralarning bo'linish xususiyatining vaqtincha yo'qolishi
- C. Hujayra bo'linishi jarayoning sekinlashishi.
- D. Hujayralarning hujayra bo'linishi jarayonlariga bog'liq bo'lmagan holda halok bo'lishi.

20. O'tkir nur kasalligini keltirib chiqaradigan tashqi umumiy gamma-nurlanishning minimal dozasi quyidagi kattalik bilan baholanadi:

- A. 0,5 Gr.
- C. 2 Gr.
- B. 4 Gr.
- D. 1 Gr.

21. O'tkir nur kasalligining orqa miya shaklini keltirib chiqaradigan tashqi umumiy gamma-nurlanishning minimal dozasi quyidagi kattalik bilan baholanadi:

- A. 1 Gr.
- C. 4 Gr.
- B. 0,5 Gr.
- D. 2 Gr.

22. O'tkir nur kasalligining oshqozon-ichak shaklini keltirib chiqaradigan tashqi umumiy gamma-nurlanishning minimal dozasi quyidagi kattalik bilan baholanadi:

- A. 1 Gr.
- C. 4 Gr.
- B. 6 Gr.
- D. 10 Gr.

23. Dioksinlar katta miqdoda atrof-muhitga tushganida qanday zararlantirish o'choqlari shakllanadi?

- A. Zararlantirish o'choqlari shakllanmaydi.
- B. Noturg'un zararlantirish o'choqlari shakllanadi.
- C. Turg'un zararlantirish o'choqlari shakllanadi.
- D. Ekologik muammoli zonalar shakllanadi.

24. Bir marotaba nurlanishning qanday dozasida o'tkir nurlanish kasalligining yengil darajasi kutiladi?

- A. 2 dan 4 Gr gacha.
- B. 1 dan 2 Gr gacha.
- C. 0,5 dan 1 Gr gacha.
- D. 4 dan 6 Gr gacha.

25. Bir marotaba nurlanishning qanday dozasida o'tkir nurlanish kasalligining o'rtacha darajasi kutiladi?

- A. 2 dan 4 Gr gacha.
- B. 1 dan 2 Gr gacha.
- C. 0,5 dan 1 Gr gacha.
- D. 4 dan 6 Gr gacha.

26. Bir marotaba nurlanishning qanday dozasida o'tkir nurlanish kasalligining og'ir darajasi kutiladi?

- A. 20 dan 50 Gr gacha.
- B. 6 dan 10 Gr gacha.
- C. 4 dan 6 Gr gacha.
- D. 10 dan 20 Gr gacha.

27. Bir marotaba nurlanishning qanday dozasida o'tkir nurlanish kasalligining o'ta og'ir darajasi kutiladi?

- A. 4 Gr dan yuqori dozalarda.
- B. 20 Gr dan yuqori dozalarda.
- C. 10 Gr dan yuqori dozalarda.
- D. 6 Gr dan yuqori dozalarda.

28. Qanday to'qimalar radiorezistent hisoblanadi?

- A. Suyak va nerv.
- B. Limfoid va mieloid.
- C. Epiteliy va mushak.
- D. Yog' va parinximatoz.

29. Inson organizmiga radionuklidlar qaysi yo'l bilan kira oladi?

- A. Ingalyasion.
- B. Suv va ovqat mahsulotlari bilan.
- C. Yaralar orqali.
- D. Barcha javoblar to'g'ri.

30. O'tkir nur kasalligining qanday klinik ko'rinishi mavjud emas?

- A. Orqa miya.
- B. Mieloid.
- C. Toksemik.
- D. Oshqozon-ichak.

31. Nurlanishning ekvivalent dozasi qanday birliklarda o'lchanadi?

- A. Bekkerel' va kyuri.
- B. Grey va rad.
- C. Kulon/kg va rentgen.
- D. Zivert va ber.

32. Ionlashtiruvchi nurlanishlarning qanday turlari korpuskulyar hisoblanadi?

- A. Al'fa, beta va neytron nurlanish.
- B. Gamma va rentgen nurlanish.
- C. Yorug'lik va radioto'lqinlar.
- D. Barcha javoblar to'g'ri.

33. Radionuklidlarning aktivligi qanday birliklarda o'lchanadi?

- A. Zivert va ber.
- B. Grey va rad.
- C. Bekkerel' va kyuri.
- D. Rentgen va kulon/kg.

34. Radioprektorlarning himoya effekti nimada namoyon bo'ladi?

- A. Nurlangan insonning hayotining saqlab qolinishida va nurlanish kasalligi darajasining kamayishida.
- B. Nurlanish kasalligining og'ir darajasida.
- C. Nurlanishning so'ndirilishida.
- D. Nurlanish ehtimolligining kamayishida.

35. Inson tanasi va turli obyektlardan radioaktiv moddalarning yo'qotilish jarayoni:

- A. Degazasiya.
- B. Dezaktivasiya.
- C. Deratizasiya.
- D. Dezinfeksiya.

36. Atom-musbat zaryadlangan yadro va manfiy zaryadlangan elektron qobiqdan iborat. Elektron qobiqda elektronlar qatlam-qatlam bo'lib joylashadi. 4-qobiqda elektronlar soni quyidagiga teng:

- A. 2.
- B. 8.
- C. 18.
- D. 32.

37. Atom quyidagi zarrachalardan iborat:

- A. Protonlar.
- B. Elektronlar.
- C. Neytronlar.
- D. Pozitronlar.

38. Elektron —

- A. Yadro tarkibiga kiruvchi musbat zaryad.
- B. Atom qobiqlari tarkibiga kiruvchi neytral zarracha.
- C. Atom qobiqlari tarkibiga kiruvchi manfiy zarracha.
- D. Yadro tarkibiga kiruvchi musbat zaryad.

39. Beta-minus parchalanishda atom yadrosi quyidagi zarrachalarni ajratadi:

- A. Faqat elektron.
- B. Faqat gamma-kvant.
- C. Elektron va antineytrino.
- D. Pozitron va neytron.

40. Atom yadrosi tarkibiga quyidagi zarrachalar kiradi:

- A. Protonlar.
- B. Elektronlar.
- C. Neytronlar.
- D. Pozitronlar.

41. Atom yadrosi tarkibida quyidagi zarrachalar mavjud:

- A. Elektronlar va neytronlar;
- B. Neytronlar va protonlar;
- C. Protonlar va elektronlar.
- D. Pozitronlar va elektronlar.

42. Atom yadrosi tarkibiga quyidagi zarrachalar kirmaydi:

- A. Protonlar.
- B. Neytronlar.
- C. Elektronlar.

43. Atomdagi elektronlar soni quyidagiga teng:

- A. Neytronlar soniga.
- B. Protonlar soniga.
- C. Nuklonlar soniga.
- D. Massa soniga.

44. Atom yadrosidagi neytronlar soni quyidagiga teng:

- A. Element nomeriga.
- B. Massa soniga.
- C. Massa va zaryad soni ayirmasiga.
- D. Elektronlar va protonlar sonlari orasidagi farqqa.

45. Atom yadrosidagi protonlar soni quyidagiga teng:

- A. Elektronlar soniga.
- B. Element nomeriga.
- C. Massa soniga.
- D. Massa soni va element nomeri orasidagi farqqa.

46. Atom massasi quyidagiga teng:

- A. Massa va zaryad sonlari ayirmasiga.
- B. Protonlar massasiga.
- C. Proton va neytronlar massasi yig'indisiga.
- D. Neytronlar massasiga.

47. Eng kichik massaga quyidagi zarracha ega:

- A. Proton.
- B. Elektron.
- C. Neytron.

48. Proton:

- A. Zaryadga ega emas.
- B. Musbat zaryadga ega.
- C. Manfiy zaryadga ega.

49. Atom yadrosi.

- A. Zaryadga ega emas.
- B. Manfiy zaryadga ega.
- C. Musbat zaryadga ega.

50. α -zarrachalar:

- A. Manfiy zaryadga ega.
- B. Zaryadga ega emas.
- C. Musbat zaryadga ega.

51. Ixtiyoriy atom yadrosining zaryadi quyidagilarga bog'liq:

- A. Neytronlar soniga.
- B. Nuklonlar soniga.
- C. Elektronlar soniga.
- D. Protonlar soniga.

52. Izotoplar atomining yadrosi quyidagi zarrachalarga ega:

- A. Protonlar soni bir xil, neytronlar soni har xil.
- B. Massa soni bir xil, zaryad soni har xil.
- C. Neytronlar soni bir xil, protonlar soni har xil.
- D. Proton va neytronlar soni bir xil.

53. Izobarlar atomining yadrosi quyidagi zarrachalarga ega:

- A. Protonlar soni bir xil, neytronlar soni har xil.
- B. Massa soni bir xil, protonlar soni har xil.
- C. Neytronlar soni bir xil, protonlar soni har xil.
- D. Proton va neytronlar soni bir xil.

54. Izotonlar atomining yadrosi quyidagi zarrachalarga ega:

- A. Protonlar soni bir xil, neytronlar soni har xil.
- B. Massa soni bir xil, zaryad soni har xil.
- C. Neytronlar soni bir xil, protonlar soni har xil.
- D. Proton va neytronlar soni bir xil.

55. Izomerlar atomining yadrosi quyidagi zarrachalarga ega:

- A. Protonlar soni bir xil, neytronlar soni har xil.
- B. Massa soni bir xil, zaryad soni har xil.
- C. Neytronlar soni bir xil, protonlar soni har xil.
- D. Proton va neytronlar soni bir xil, lekin turli radioaktivlikka ega.

56. ?-zarrachalar quyidagi zarrachalardan iborat:

- A. Pozitronlar. C. Geliy atomi yadrolari.
B. Elektromagnit nurlanish. D. Vodород atomi yadrolari.

57. Yadroda proton neytronga aylanishida quyidagi zarrachalar hosil bo'ladi:

- A. Elektron va antineytrino.
B. Pozitron va neytrino.
C. Elektron va pozitron.
D. Al'fa-zarracha.

58. Yadroda neytron protonga aylanishida quyidagi zarrachalar hosil bo'ladi:

- A. Elektron va antineytrino.
B. Pozitron va neytrino.
C. Elektron va pozitron.
D. Al'fa-zarracha.

59. — parchalanishda:

- A. Yadro zaryadi va massa soni kamayadi.
B. Yadro zaryadi kamayadi, massa soni esa o'zgarmaydi.
C. Yadro zaryadi oshadi, massa soni esa o'zgarmaydi.
D. Yadro zaryadi va massa soni o'zgarmaydi.

60. Atom yadrosining massasi va zaryadi quyidagi jarayonda kamayadi:

- A. Al'fa-parchalanishda.
B. Beta- parchalanishda.
C. Gamma-parchalanishda.

61. Quyidagi jarayonda zaryad soni bittaga kamayadi, massa soni esa o'zgarmaydi:

- A. α -parchalanishda;
B. β -parchalanishda;
C. β^+ -parchalanishda;
D. γ -parchalanishda;

62. Quyidagi jarayonda zaryad soni bittaga ortadi, massa soni esa o'zgarmaydi:

- A. α^- parchalanishda.
B. β^- parchalanishda.
C. β^+ -parchalanishda.
D. γ -parchalanishda.

63. Tabiiy radioaktivlik jarayonida atom yadrolarining yarimparchalanish davri:

- A. Radioaktiv moddaning agregat holatiga bog'liq.
B. Radioaktiv moddaning rudadagi konsentratsiyasiga bog'liq.
C. Tashqi temperatura va bosimga bog'liq.
D. Jarayon kechishining tashqi sharoitlariga bog'liq emas.

64. Radioaktiv obyektning aktivligi:

- A. Radioaktiv moddaning agregat holatiga bog'liq.
B. Jarayon kechishining tashqi sharoitlariga bog'liq emas..
C. Tashqi temperatura va bosimga bog'liq.
D. Radioaktiv moddaning rudadagi konsentratsiyasiga bog'liq.

65. Vaqt o'tishi bilan radioaktiv atomlarning miqdori va aktivligi quyidagicha o'zgaradi:

- A. Atomlar soni kamayib, aktivlik ortadi.
B. Atomlar soni va aktivlik kamayadi.
C. Atomlar soni va aktivlik o'zgarmaydi.
D. Atomlar soni kamayib, aktivlik o'zgarmaydi.

66. Moddaning ma'lum vaqtdagi boshlang'ich aktivligini quyidagi formula bo'yicha aniqlash mumkin:

- A. $A = dN / dt$.
B. $A_0 = A_t \times e^{\lambda t}$.
C. $A = \lambda N$.
D. $dN = \lambda N dt$.

67. Radioaktiv moddaning aktivligi uning miqdori o'Ichovi ekanligini ko'rsatuvchi tenglamani ko'rsating:

- A. $A = dN/dt$.
B. $A = \lambda N$.
C. $A_t = A_0 \times e^{\lambda t}$.

68. Parchalanish doimiysi va yarimparchalanish doimiysi orasidagi bog'lanishni quyidagi tenglama ifodalaydi:

- A. $A = \lambda N$.
B. $dN = \lambda N dt$.
C. $T_{1/2} = 0,693/\lambda$.

69. Obyektning t vaqt momentidagi aktivligi quyidagi formula yordamida topiladi:

- A. $A = dN/dt$.
- C. $A_t = A_0 \times e^{-\lambda t}$.
- B. $A = \lambda N$.
- D. $dN = \lambda N dt$.

70. Quyidagi zarrachalar eng kichik yugurish yo'liga egadir:

- A. α -zarrachalar.
- B. β -zarrachalar.
- C. γ -kvantlar.

71. Eng ko'p singuvchanlik xususiyati quyidagi nurlanishga xosdir:

- A. α -nurlanish.
- B. β -nurlanish.
- C. γ -nurlanish.

72. Ionlashtirishning eng katta chiziqli zichligiga quyidagi nurlanish egadir:

- A. α -nurlanish.
- B. β -nurlanish.
- C. γ -nurlanish.

73. Ichki nurlanishda eng katta havfni quyidagi nurlanish tug'diradi:

- A. α -nurlanish.
- B. β -nurlanish.
- C. γ -nurlanish.

74. Tashqi nurlanishda eng katta havfni quyidagi nurlanish tug'diradi:

- A. α -nurlanish.
- B. β -nurlanish.
- C. γ -nurlanish.

75. Energiyaning chiziqli uzatilishi ortishi bilan nurlanishning nisbiy biologik effekti...:

- A. Ortadi.
- B. Kamayadi.
- C. Bunday bog'liqlik yo'q.

76. So'nish koeffitsienti va gamma-nurlanish energiyasi orasidagi bog'lanish:

- A. To'g'ri proporsional.

- B. Teskari proporsional.
- C. Bunday bog'liqlik yo'q.

77. Energiyaning chiziqli uzatilishi deb quyidagi jarayonga aytiladi:

- A. Nurlanishning 1 sm qalinlikdagi modda qatlamida susayishi.
- B. Zarracha yoki fotonning birlik yo'lida paydo bo'ladigan ionlar juftlarining soni.
- C. Birlik yugurish yo'lida yo'qotiladigan energiya miqdori.
- D. Birlik yugurish yo'lida yo'qotiladigan ionlar soni.

78. Ionlashishning chiziqli zichligi ortishi bilan nurlanishning nisbiy biologik effektivligi...:

- A. Kamayadi.
- B. Ortadi.
- C. O'zgarmaydi.

79. Kvantlari energiyasi 100 KeV gacha bo'lgan elektromagnit nurlanish modda bilan ta'sirlashganida quyidagi jarayon sodir bo'ladi:

- A. Fotoeffekt.
- B. Kompton effekti.
- C. Elektron-pozitron juftlarining hosil bo'lishi.

80. Kvantlari energiyasi 100 KeV dan 1,02 MeV gacha bo'lgan elektromagnit nurlanish modda bilan ta'sirlashganida quyidagi jarayon sodir bo'ladi:

- A. Fotoeffekt.
- B. Kompton effekti.
- C. Elektron-pozitron juftlarining hosil bo'lishi.

81. Kvantlari energiyasi 1,02 MeV dan yuqori bo'lgan elektromagnit nurlanish modda bilan ta'sirlashganida quyidagi jarayon sodir bo'ladi:

- A. Fotoeffekt.
- B. Kompton effekti.
- C. Elektron-pozitron juftlarining hosil bo'lishi.

82. Insonlar va hayvonlarda yutilish dozasi ga asosiy hissani quyidagi nurlanish qo'shadi:

- A. α - nurlanish;
- B. β - nurlanish;
- C. γ - nurlanish;
- D. Net pravil'nogo otveta.

83. *Stronsiy-90 ning organizmdagi maksimal konsentratsiyasi quyidagi organlarda kuzatiladi:*

- A. Mushak to'qimasida.
- B. Qalqonsimon bezda.
- C. Suyak to'qimasida.
- D. Barcha to'qimalardagi konsentratsiyasi bir xil.

84. *Seziy-137 ning organizmdagi maksimal konsentratsiyasi quyidagi organlarda kuzatiladi:*

- A. Mushak to'qimasida.
- B. Qalqonsimon bezda.
- C. Suyak to'qimasida.
- D. Barcha to'qimalardagi konsentratsiyasi bir xil.

85. *Yod-131 ning organizmdagi maksimal konsentratsiyasi quyidagi organlarda kuzatiladi:*

- A. Mushak to'qimasida.
- B. Qalqonsimon bezda.
- C. Suyak to'qimasida.
- D. Barcha to'qimalardagi konsentratsiyasi bir xil.

86. *Radioaktiv moddalarning global yog'ishida hududning zararlanishi quyidagi radioizotop mavjudligida ko'proq vaqt davomida kuzatiladi:*

- A. 90 Sr.
- B. 137 Cs.
- C. 131 I.
- D. 239 Pu.

87. *Radiasion avariya dan keyingi dastlabki vaqtda quyidagi radioizotop eng havfli hisoblanadi:*

- A. 90 Sr.
- B. 137 Cs.
- C. 131 I.
- D. 239 Pu.

88. *Inson tomonidan olinadigan radiasiyaning yillik effektiv ekvivalent dozasi quyidagi omillar hisobiga shakllanadi:*

- A. Ko'proq tashqi nurlanish jarayonida.
- B. Ko'proq ichki nurlanish jarayonida.

88. *Inson tomonidan olinadigan radiasiyaning yillik effektiv ekvivalent dozasi quyidagi omillar hisobiga shakllanadi:*

- A. ko'proq tashqi nurlanish jarayonida.
- B. ko'proq ichki nurlanish jarayonida.
- C. ichki va tashqi nurlanish jarayoniga bir xil bog'liq.

89. *Ko'pincha quyidagi nurlanish turlari kuzatiladi:*

- A. Ichki.
- B. Tashqi.
- C. Ichki va tashqi.

90. *Inson tomonidan olinadigan radiasiyaning yillik effektiv ekvivalent dozasi quyidagi omillar hisobiga shakllanadi:*

- A. Ko'proq tashqi nurlanish jarayonida.
- B. Ko'proq ichki nurlanish jarayonida.
- C. Ichki va tashqi nurlanish jarayoniga bir xil bog'liq.

GLOSARIY

Radiatsiyaviy xavfsizlik – turli toifadagi mutaxassislar – yadro sanoatidagi ishchilar va jamoatchilik uchun xalqaro tavsiyalar va milliy sanitariya qoidalari va radiatsiyaviy xavfsizlik standartlari ko‘rinishidagi nurlanish ta‘sirini minimallashtirish, radiatsiyaviy ta‘sirni tartibga solishga qaratilgan chora-tadbirlar tizimi.

Radiatsiyaviy sterilizatsiya – ionlashtiruvchi nurlanishdan foydalanish (1) o‘simlik va hayvonot obyektlarini jinsiy sterilizatsiya qilish uchun; (2) turli xil tibbiy buyumlarni, oziq-ovqat mahsulotlarini va chiqindilarni zararsizlantirish uchun.

Radiatsion davolash (sin. Radioterapiya, radiatsiya terapiyasi) – turli xil (asosan onkologik) kasalliklarni turli xil ionlashtiruvchi nurlanish bilan davolash.

Radiatsiyaviy tartibga solish – xalqaro tavsiyalar va milliy qonunchilik organlari va hujjatlarida nazarda tutilgan odamlarning ayrim toifalari (mutaxassislar va jamoatchilik) ta‘sir qilish darajasini tartibga solish.

Radiatsion qarish – bu nurlanishning uzoq muddatli oqibati bo‘lib, u qon tomir sklerozida, kul rangda, terining elastik xususiyatlarining zaiflashuvida va umr ko‘rish qisqarishida o‘zini namoyon qiladi.

Radiatsiya sindromlari – tegishli tanqidiy organlarga zarar etkazish natijasida rivojlanadigan simptomlar majmui (suyak iligi, ichak, miya) (qarang) Muayyan doz oralig‘ida nurlanishdan keyin – mos ravishda 1–10 Gy, > 100 Gy.

Radiatsion fon – tabiiy – yer va kosmik kelib chiqadigan radionuklidlar tufayli; texnologik jihatdan o‘zgargan va texnogen – inson faoliyati tufayli.

Radiatsiya (ionlashtiruvchi) – elektromagnit yoki korpuskulyar nurlanish, modda bilan o‘zaro ta‘sirlashganda bevosita yoki bilvosita unda ion hosil bo‘lishiga olib keladigan; misollar: rentgen nurlari, fotonlar, zaryadlangan atom zarralari, neytronlar.

Ruxsat etilgan nurlanish – bu juda katta zararli va zararli organizmlarga ega bo‘lgan gamma nurlari va neytronlar oqimi.

Erkin radikallar suv va organik molekularlarning qisqa umrli radiolizi mahsuloti bo‘lib, ular tarkibida elektronlar yo‘q, shuning uchun ular juda reaktiv olib keladi.

Erkin radikallar (lat. Radicalis – radikal) – tashqi kimyoviy reaksiyalarda oraliq bo‘lgan tashqi qobiqdagi atomsiz yoki kimyoviy birikmalar. Organizmda ionlashtiruvchi nurlanish ta‘siri ostida bo‘ladi.

Radioaktivlik – fotonlar (radiation – nurlanish) yoki zarralar (elektronlar, a – zarralar va boshqalar) shaklida energiya chiqishi bilan barcha beqaror elementlarning parchalanish qobiliyati; radioaktivlik birligi becquerel (Bq) – 1 sekundda bitta yadro konversiyasi.

Radioaktivlik (Lotin Radiare – nurlantirish, activus – faol) – elementar zarralar yoki yadrolarning tarqalishi bilan birga boshqa kimyoviy elementning izotopiga yoki boshqa bir elementning izotopiga aylangan yoki metastazlangan holatdagi boshqa kimyoviy elementning o‘z-o‘zidan tarqalishi uchun radionuklidlarning xususiyati.

Induktsiya qilingan radioaktivlik – yadro zarralari – neytronlar, protonlar va boshqalar ta‘sirida yuzaga keladigan modda atomlarining radioaktivligi.

Radioaktiv izotoplar (sin. Radionuklidlar) – atom og‘irligi bilan ajralib turadigan va ionlashtiruvchi nurlanish chiqaradigan noturg‘un yadro bo‘lgan elementlarning mavjudlik shakllaridan biri.

Radiobiologik paradoks bu oz miqdordagi yutilgan energiya va biologik obyektning haddan tashqari reaksiya darajasi bilan o‘lingacha ta‘sir ko‘rsatadigan darajaga to‘g‘ri kelmasligi.

Radiobiologiya (Lotin Radiare – nurlanish, gr. Bios – hayot, logotiplar – so‘z, ta‘limot) – ko‘rish nurlarining barcha turlarining tirik organizmlarga, ularning jamoalariga va umuman biosferaga ta‘siri haqidagi ilm.

Veterinariya radiobiologiyasi (Lat. Vetennarius – chorva mollarini davolash) – bu ionlashtiruvchi nurlanishning biologik ta‘sirini va qishloq xo‘jalik hayvonlarida vujudga keladigan patologik jarayonlarning rivojlanish xususiyatlarini, shu jumladan organizmdagi radioaktiv moddalarning ko‘chib yurish odatlarini va radioaktiv izotoplarning toksikologiyasini o‘rganadigan fan. Mustaqil bo‘lim veterinariya tibbiyotida, chorvachilikda va qishloq xo‘jaligiga oid fan va amaliyotda ionlashtiruvchi nurlanishning amaliy qo‘llanilishi hisoblanadi.

Radiografiya (Lotin Radiare – nurlantirish, gr. Grafo – yozaman) – bu yozuv moslamasi yordamida tanadagi radioizotoplarni qayta taqsimlash dinamikasini o‘rganish usuli.

Radioindikatsiya (Lotin Radiare – nurlanish, ko‘rsatkich – ko‘rsatgich) – kiritilgan radioaktiv izotoplar yoki yorliqlangan birikmalarning o‘zgarishini kuzatish orqali tirik organizm organlari va tizimlarining funksiyalari va tuzilishini o‘rganish usuli. Radioliz (lat. Radiare – nurlanish, gr. Lisis – eritish, parchalanish) – ionlashtiruvchi nurlanish ta‘siri ostida moddalarning kimyoviy

o'zgarishi. R. jarayonlari radiatsion shikastlanishning rivojlanishida muhim rol o'ynaydigan faol oraliq mahsulotlarning paydo bo'lishi bilan sodir bo'ladi (masalan, vodorod va kislorodga suvning ajralishi, ammiak — azot va vodorodga va boshqalar).

Radiologiya (Lotin Radiare — nurlanish, gr. Logos — so'z, ta'limot) — ionlashtiruvchi nurlanishning murakkab fanidir. R. ushbu radiatsiyalarning xususiyatlarini, ularni aniqlash va ro'yxatdan o'tkazish usullari va vositalarini, biologik tizimlarga ta'sirini, ulardan himoya qilish tamoyillarini va boshqalarni o'rganadi.

Qishloq xo'jaligida radiologiya — o'simliklarning tashqi va ichki nurlanishining ta'sirini, shuningdek, radioaktiv moddalarning tuproq va o'simliklar orqali oziq-ovqat zanjirlariga ko'chishini, o'simlik va o'simliklarni radioaktiv moddalar tarkibini kamaytirish uchun tuproq va o'simliklarga ta'sir qilish usullarini o'rganadigan radiobiologiya sohasi.

Radiometriya (Lotincha Radiare — nurlantirish, Metron — mera) — ionlashtiruvchi nurlanish manbalarida radionuklidlarning faolligini (birlik vaqtiga parchalanishlar soni) o'lchash usullari to'plami. Keng ma'noda R. — har qanday nurlanish energiyasini o'lchash usullari.

Radiometrlar — radiometrik nazorat obyektlarining faoliyatini aniqlash uchun mo'ljallangan asboblardir.

Radiomodifikatsiya — radiochastotalarni sun'iy ravishda o'zgartirish (qarang) Radio o'zgartiruvchi vositalardan foydalanish.

Radiomodifikatsiya qiluvchi vositalar — kimyoviy va farmakologik eskirish vositalari (qarang: Radioprotektorlar) yoki ionlashtiruvchi nurlanishning biologik ta'sirini kuchaytiruvchi vositalar (Radiosensitivatsiyani ko'ring).

Uzoq umr ko'radigan radionuklid — yarim yildan bir necha milliard yilgacha bo'lgan tabiiy va sun'iy radionuklidlar.

Radionuklid, radioaktiv nuklid (lat. Radiare — nurlash uchun, yadro — yadro) — yadrosi radioaktiv parchalanishga qodir bo'lgan nuklid. Tabiiy radionuklidlar. Tabiiy radionuklidlar.

Sun'iy radionuklidlar — har xil yadroviy reaksiyalar natijasida olingan radionuklidlar. R.I asosan yadroviy reaktorlarda va yadroviy portlashlarda hosil bo'ladi. Ular 1000 dan ortiq R.I.ni hisoblaydilar, ular orasida ^{239}Pu , ^{90}Sr , ^{131}I , ^{137}C eng xavfli hisoblanadi.

Tabiiy (tabiiy) radionuklidlar — inson aralashuvisiz hosil bo'lgan va doimiy ravishda shakllanadigan radionuklidlar. K: birlamchi — sayyoraning shakllanishi bilan bir vaqtda hosil bo'lgan (^{40}K , ^{48}Ca , ^{238}U UV-); birlamchi R.P.ning ikkilamchi parchalanish mahsulotlari — ^{232}Th , ^{235}U , ^{238}U (jami 45, shu jumladan ^{220}Rn , ^{222}Rn , ^{226}Ra va boshqalar); induksiya qilingan — kosmik

nurlar va ikkilamchi neytronlar (^{14}C , ^3H , ^{24}Na va boshqalar) ta'sirida hosil bo'lgan, ular 300 dan ortiq R. P. to'playdi.

Radioprotektorlar (lat. Radiare — nurlanish uchun, himoya qiluvchi — himoya qiluvchi) — tananing ionlashtiruvchi nurlanishiga qarshiligini oshiradigan kimyoviy birikmalar (anoksiya (kislorod ochligi) orqali, ionlangan atomlar va molekullarni zararsizlantirish va boshqalar). Samarali R. Bular tarkibiga sulfidilil guruhlari, ba'zi aminlar, polimerlar va boshqalar kiradi R. Ular nurlanishdan oldin organizmga kiritiladi (masalan, malign o'simtalarni radiatsiya terapiyasi paytida).

Radioresistentlik — ionlashtiruvchi nurlanishning zararli ta'siriga past sezgirlik.

Radiatsiyaga chidamlilik (Lotin Radiare — nurlanish, qarshilik — qarshilik ko'rsatish) — biologik obyektlarning ionlashtiruvchi nurlanish ta'siriga qarshiligi.

Radiotoksinlar turli xil noma'lum bo'lgan humoral toksik moddalar bo'lib, ular nurlanish ta'siri ostida to'qimalarda hosil bo'ladi, xususan, hujayra detritlari va boshqa to'qima parchalanish mahsulotlari, ehtimol nurlanishning uzoq ta'sirini, ya'ni abscopic effekti deb belgilaydi (qarang).

Radiotoksinlar (lat. Radiare — nurlantirish, toksikon-zahar) — hayvonlarning tanasida shakllanadigan turli xil tabiatdagi past molekulyar og'irlikdagi biologik faol moddalar. O'simliklarda ionlashtiruvchi nurlanish ta'siriga duchor bo'laman va radiatsiya shikastlanishining shakllanishida ishtirok etaman. R. Ular radiatsiya kasalligining rivojlanishida muhim rol o'ynaydi, to'qima o'sishini to'xtata oladi, yuqori konsentratsiyada — leykopeniya, tananing rivojlanishini kechiktiradi va naslda malformatsiyalarni keltirib chiqaradi.

Radiosensitivlik bu hujayralar, to'qimalar, organlar yoki organizmlarning ionlashtiruvchi nurlanish ta'siriga nisbatan sezgirligi bo'lib, o'lchov radiatsiyaviy doz bo'lib, u nurlantirilgan narsalarning ma'lum bir o'limiga olib keladi: hujayralarni inaktivatsiya qilish uchun — hayot davomiyligi egri chizig'idagi D37 yoki D0 ko'rsatkichi, organizmlar uchun — 50% o'limga olib keladigan doz. muayyan kuzatuv davri uchun shaxslar.

Radon (^{222}Rn) — og'ir radioaktiv inert gaz (yarim umri 3,8 kun); uranning ketma-ket parchalanishi natijasida paydo bo'ladi; tuproqdan, ayniqsa toshdan, shuningdek bunday toshlardan yasalgan qurilish materiallaridan ajralib turadi; Xavf radonning radioaktiv parchalanish mahsulotlari bo'lib, ular gaz emas va shuning uchun yuqori nafas yo'llarida to'plangan chang zarralari tomonidan ushlanib qoladi.

Parchalanish — radionuklidning o'z-o'zidan konversiyalanishi, radioaktiv modda faolligining pasayishi.

Pozitron parchalanishi (lat. Pozitivus – musbat, gr. (Elek) tron – qatron, kehribar) – beta parchalanishi, pozitron va neytrino chiqarilishi va yadrodan gamma nurlari chiqishi bilan (masalan, sun'iy radioaktiv elementlar atomida protonlarning ko'payishi). Kremniy hosil bo'lishi bilan fosfor izotopining yemirilishi).

Komptonning tarqalishi ionlashtiruvchi nurlanishning materiya atomlari bilan o'zaro ta'sirining turlaridan biri bo'lib, foton tomonidan energiyaning bir qismi yo'qolishi va elektronning (rezolyut elektron) atomdan chiqishi bilan birga keladi.

Regeneratsiya – ularning ba'zilari yo'qolgandan keyin hujayra populyatsiyasini tiklash.

Qarshilik (lat. Resistere – qarshilik ko'rsatish) – patologiyani keltirib chiqaradigan fizik, kimyoviy va biologik omillarning ta'siriga tananing qarshiligi. Immunitetdan farqli o'laroq, R. qarshilik ko'rsatish hodisalarini yanada kengroq qamrab oladi.

Rentgen va gamma nurlanishining havoga ionlashtiruvchi ta'siri bilan belgilanadigan ta'sir qilish dozasi tizimdan tashqari birligi. 1P dozasi 1 sm³ havoda 2,083 · 10⁹ ion juftlik yoki 1 g havoda 1,61 · 10¹² juft hosil bo'lishiga to'g'ri keladi. 1P = 2.57976 · 10⁻⁴ C/kg.

Radioaktivlar oilasi (Lotin Radiare – nurlantirish, activus – faol) – barqaror element bilan tugaydigan radioaktiv o'zgarishlarning zanjiri yoki seriyasini tashkil etuvchi elementlar to'plami. Turg'un qo'rg'oshin bilan tugaydigan aktinuran, uran va torium oilalari ma'lum.

Yadro kuchlari – yadroda nuklonlarni (proton va neytronlarni) ushlab turuvchi kuchlar. S.Ya. faqat 10–13 sm dan oshmaydigan masofada harakat qiling va elektr zaryadlarining o'zaro ta'sir kuchidan 100–1000 marta katta qiymatga erishish. S.Ya. Nuklon zaryadiga bog'liq bo'lmang. Ular tabiatan hali o'rganilmagan kuchli shovqinlar tufayli yuzaga keladi.

Sindrom – ma'lum bir kasallik uchun xos bo'lgan aniqlangan simptomlar majmui (alomatlar guruhi).

Adaptatsiya sindromi (gr. Sindrom – yaqinlashish; lotincha Adaptatio – moslashuv) – stress ta'siriga javoban tananing moslashuvchan reaksiyalar to'plami – parvarishlash, ishlash, sovuqqonlik, mushaklarning haddan tashqari siqilishi, intoksikatsiya va boshqa qo'zg'atuvchilar.

Gemorragik sindrom – Teri, shilliq pardalar, oshqozon-ichak trakti, miya, yurak va boshqalardagi qon ketish, radiatsiyadan keyin hayot uchun asosiy tahdidlardan biri bo'lgan o'tkir nurlanish kasalliklarida.

Oshqozon-ichak trakti sindromi odamlarda Yu-20 Gy nurlanish dozasi paydo bo'ladigan kasallik belgilarining, shu jumladan villi va yuqumli jarayonlar

ta'sirining halokatli oqibatlarini, shuningdek qon tomirlariga shikast etkazish, suyuqliklar va elektrolitlarning nomutanosibligini aniqlaydigan turli xil mexanizmlarni o'z ichiga oladi.

Ildiz sindromi – odamlarda Gr nurlanish dozasi rivojlanadigan kasallik belgilari to'plami. S.K. hujayra bo'linishining keskin inhibitsiyasi natijasida suyak iligi kamayishi bilan tavsiflanadi.

Sinergizm (gr. Synergia – hamkorlik, hamdo'stlik) – kimyoviy, fizik va biologik tabiat omillarining bir tomonlama, o'zaro kuchaytiruvchi ta'siri. C. Ehtiyotkorlik yoki potentsial bilan ifodalanishi mumkin.

Yorug'lik ostida o'lim – markaziy asab tizimining hujayralari membranalari va tarkibiy oqsillariga katta zarar etkazilishi sababli ("molekulyar o'lim") 1000 Gy dan oshiq dozalarda nurlanish paytida yoki undan keyingi dastlabki daqiqalarda o'lim.

Shaxsiy himoya vositalari – zaharlanish, radioaktiv moddalar va bakterial vositalarning zararli ta'sirini, ma'lum atrof-muhit omillari va ishlab chiqarish sharoitlarini (gaz niqoblari, respirator, antinozlar, turli xil turlari) oldini olish yoki kamaytirish uchun mo'ljallangan asboblardan, maxsus kiyimlar va dori-darmonlar. qurol-yarog 'va maxsus kiyim-kechak va poyabzal, radiatsiyaga qarshi dori-darmonlar, kimyoviy moddalarga qarshi individual paketlar va boshqalar).

Teratogen ta'sir – bu bachadonda (bachadonda) embrion yoki homila nurlanishi natijasida paydo bo'ladigan malformatsiyalar va deformatsiyalar.

Radiatsion toksikologiya (Lotin Radiare – nurlanish) – radiobiologiya bo'limi bo'lib, u radioaktiv izotoplarning tanaga kirishi, tarqalishi, chiqishi va biologik ta'sirini o'rganadi.

Toksikologiya (gr. Toksikon – zahar, logotiplar – so'z, o'rganish) – zaharli moddalarning xususiyatlarini, ularning organizmga ta'sirini, zaharni organizmga o'tkazish usullarini, uning organ va to'qimalarda to'planishini va tanadan chiqarilishini o'rganadigan fan. shuningdek, zaharlanishdan samarali foydalanishning bir turi bo'lgan zaharlanishni davolash va oldini olish uchun vositalarni

**Foydalanilgan va qo'shimcha o'qish uchun tavsiya
qilinuvchi adabiyotlar ro'yxati**

1. *Sh.S. Xushmatov, A.T. Yesimbetov, G.S. Begdullayeva.* Radiobiologiya. Toshkent, 2016.
2. *Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А.* Радиобиология человека и животных. М., «Высшая школа», 2004.
3. *Remizov A.N.* Tibbiy va biologik fizika. Toshkent. Ibn-Sino nashriyoti, 2006.
4. *Ю.Б. Кудряшов.* Радиационная биофизика (ионизирующие излучения). Москва, ФИЗМАТЛИТ, 2004.
5. *А.Д. Доника, С.В. Поройский.* Учебно-методическое пособие «Основы радиобиологии» Волгоград – 2010
6. *I.M. Gudkov, M.M. Vinichuk.* Radiobiology and Radioecology // Kiev. – NAUU, 2006. – 295 p.
7. *Ergashev A.E., Sheraliyev A.Sh., Suvonov X.A., Ergashev T.A.* Ekologiyava tabiatni muhofaza qilish. Toshkent, Fan, 2009 -y.
8. *Ergashev A.E., Ergashev T.A.* Inson ekologiyasi. Toshkent, Fan, 2009 y.
9. *Белов А.Д.* Радиобиология. Москва. «Колос», 1999.
10. *Ремизов А.Н., Максина А.Г., Потапенко А.Я.* Медицинская и биологическая физика, Дрофа, 2003.
11. *Наркевич Б.Я., Костылев В.А.* Физические основы ядерной медицины. АМФ-Пресс. Москва, 2001.
12. *Г.П. Плохих.* Радиация и окружающая среда. Челябинск, 1998
13. Под редакцией *Ю.Б. Лишманова, В.И. Чернова.* Радионуклидная диагностика для практических врачей. Томск 2004.
14. *I.M. Gudkov, M.M. Vinichuk.* Radiobiology and Radioecology // Kiev. – NAUU, 2006. – 295 p.
15. *M. Pöschl, L.M.L. Nollet.* Radionuclide Concentrations in Food and the Environment. Taylor & Francis Group, LLC. 2007.

16. *А.А. Лукутцов.* Радиоактивность и экология. Радиоактивность в природе // Н.Новгород. – Изд-во ННГУ, 1994.– 31 с.
17. *А.В. Руднев.* Радиационная экология // Москва. – Изд-во МГУ, 1990.
18. *А.Г. Бубнов и др.* Биотестовый анализ – интегральный метод оценки качества объектов окружающей среды: Учебно-методическое пособие // ГОУ ВПО Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2007. – 112 с.
19. *А.Д. Фокин, А.А. Лурье, С.П. Торшин.* Сельскохозяйственная радиология // – Москва. – Изд-во «Дрофа», 2005. – 367 с.
20. *А.И. Чумаков.* Действие космической радиации на интегральные схемы // Москва. – Радио и связь, 2004. – 320 с.
21. *А.М. Кузин.* Роль природного радиационного фона и вторичного биогенного излучения в явлении жизни // Москва. – Изд-во «Наука», 2002.
22. *Б.И. Тепляков.* Основы сельскохозяйственной радиоэкологии: Курс лекций // Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск, 2010. – 146 с.
23. *Б.Н. Аненков, Е.В. Юдинцева.* Основы сельскохозяйственной радиологии // Москва. – Изд-во «Агропромиздат», 1991. – 270 с.
24. *В.А. Гайченко и др.* Практикум по радиобиологии и радиоэкологии // Киев. – Изд-во «Кондор», 2010. – 286 с.
25. *В.В. Рачинский.* Курс основ атомной техники в сельском хозяйстве // Москва. – Изд-во «Атомиздат», 1978. – 384 с.
26. *В.В. Селегей.* Радиоактивное загрязнение г. Новосибирска – прошлое и настоящее // Новосибирск, 1997. – 146 с.
27. *В.Е. Кицно и др.* Основы радиобиологии и радиоэкологии // Киев. – Изд-во «Хай-Тек Пресс» 2008 (2010). – 320 с.
28. *В.И. Прохоров.* Миграция радиоактивных загрязнений в почвах // Москва. – Изд-во «Энергоатомиздат», 1981.
29. *В.К. Сахаров.* Радиоэкология: Учебное пособие // СПб. – Изд-во «Лань», 2006. – 320 с.: ил.
30. *В.М. Захаров и др.* Здоровье среды: методика оценки // Москва. – Изд-во Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.
31. *В.М. Прохоров.* Миграция радиоактивных загрязнений в почвах // – Москва. – Изд-во «Энергоиздат», 1981. – С.98.

32. *В.С. Ветров* и др. Радиационная обработка отходов для сельскохозяйственного использования // Москва. — Изд-во «Энергоатомиздат», 1984. — 150 с.
33. *В.С. Галабуха, Г.Е. Фрадкин*. Накопление радиоактивных элементов в организме и их выведение // Москва, 1958. — 220 с.
34. *В.Ф. Журавлев*. Токсикология радиоактивных веществ // Москва, 1990. — 336 с.
35. *Виленчик М.М.* Радиобиологические эффекты и окружающая среда / *М.М. Виленчик*. — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 158 с.
36. *Г.П. Плохих*. Радиация и окружающая среда // Челябинская областная общественная просветительская экологическая организация «Движение за ядерную безопасность» (Проект МАТРА). — Челябинск, 1998.
37. *Д.А. Криволицкий* и др. Действие ионизирующей радиации на биогеоценоз // Москва. — Изд-во «Наука», 1988. — 240 с.
38. *Д.М. Гродзинский*. Естественная радиоактивность растений и почв // Киев. — Изд-во «Наукова думка», 1965. — 216 с.
39. *Д.М. Гродзинский*. Радиобиология растений // Киев. — Изд-во «Наук. Думка», 1989.
40. *Е.В. Сулейманов, А.О. Коршунов*. Радиоактивность в окружающей среде. Радиационный фон внутри помещений // Учебное пособие. Нижегородский государственный университет им. Н.И.Лобачевского. — Нижегородск, 2012.
41. *Е.В. Юдинцева, И.В. Гулякин*. Агрехимия радиоактивных изотопов стронция и цезия // Москва. — Изд-во «Атомиздат», 1968. — 472 с.
42. *Е.Л. Воробейчик* и др. Экологическое нормирование техногенных загрязнений // Екатеринбург. — Изд-во «Наука», 1994. — 273 с.
43. *Л.А. Булдаков*. Радиоактивные вещества и человек // Москва. — Изд-во «Энергоатомиздат», 1990.
44. *Л.А. Перцев*. Ионизирующие излучения биосферы // Москва. — Изд-во «Атомиздат», 1973.
45. *Л.С. Новиков*. Радиационные воздействия на материалы космических аппаратов: Учебное пособие // Москва. — Изд-во «Университетская книга», 2010. — 192 с.

46. *М. Давыдов* и др. Радиоэкология // Москва. Изд-во «Феникс», 2013. — 640 с.
47. *М.М. Виленчик*. Радиобиологические эффекты и окружающая среда // Москва. — Изд-во «Энергоатомиздат», 1983.
48. Международная шкала ядерных событий (ИНЕС). Руководство для пользователей (Перевод с английского и редакция Ю.К.Жук) // Изд. 2001. (IAEA-INES-2001). Подготовлено совместно МАГАТЭ и АЯЭ ОЭСР.
49. *Н.А. Корнеев* и др. Снижение радиоактивности в растениях и продуктах животноводства // Москва. — Изд-во «Колос», 1977. — 208 с.
50. *Н.А. Корнеев, А.Н. Сироткин*. Основы радиоэкологии и сельскохозяйственных животных // Москва. — Изд-во «Энергоиздат», 1987. — 207 с.
51. *Н.Г. Булгаков* и др. Региональный экологический контроль на основе биотических и абиотических данных мониторинга // Экологический мониторинг. Методы биологического и физико-химического мониторинга: В 5 ч. Учеб. пос. — Н. Новгород. — Изд-во Нижег. ун-та, 2003. — Ч.5. — 399 с.
52. *Н.Г. Гусев, В.А. Беляев*. Радиоактивные выбросы в биосфере. Справочник // Москва. — Изд-во «Энергоатомиздат», 1986.
53. *Н.Г. Гусев, В.А. Беляев*. Радиоактивные выбросы в биосфере: Справочник // Москва. — Изд-во «Энергоатомиздат», 1991. — 256 с.
54. *О.А. Барсуков, К.А. Барсуков*. Радиационная экология // Москва. — Изд-во «Научный мир», 2003. — 253 с.
55. *Р. Алиев, С.Калмыков*. Радиоактивность // Москва. — Изд-во «Лань», 2013. — 306 с.
56. *Р.М. Алексахин*. Радиоактивное загрязнение почвы и растений // Москва. — Изд-во Акад. наук, 1963. — 132 с.
57. *Р.М. Алексахин*. Ядерная энергия и биосфера // Москва. — Изд-во «Энергоатомиздат», 1982.
58. Радиоактивность и пища человека (Под ред. В.М.Клечковского) / Москва. — Изд-во «Атомиздат», 1971.
59. *С. Смирнов*. Радиационная экология. Серия физические основы экологии // Москва. — Изд-во МНЭПУ, 2000.

60. Т.В. Шарова. Радиоактивность и экология. Радиоактивность в окружающей среде // Для студентов гуманитарных специальностей. – Н.Новгород. – Изд-во ННГУ, 1994. – 56 с.

61. Т.Я. Ашимхина и др. Биоиндикация и биотестирование природных сред как основа экологического контроля на территории зоны защитных мероприятий объекта по уничтожению химического оружия // Рос. хим. журн. – 2007. – №2. – С.59-63.

62. Ф.А. Тихомиров. Действие ионизирующих излучений на экологические системы // Москва. – Изд-во «Атомиздат», 1972. – С.176.

63. Ф.А. Тихомиров. Радиоизотопы в почвоведении // Москва. – Изд-во Моск. ун-та, 1985. – 92 с.

64. Ф.И. Павлоцкая. Миграция радиоактивных продуктов глобальных выпадений в почвах // Москва. – Изд-во «Атомиздат», 1974. – 215 с.

65. Э.Б. Тюрюканова. Экология стронция-90 в почвах Москва. – Изд-во «Атомиздат», 1976.

66. Ю.А. Поляков. Радиоэкология и дезактивация почв // Москва. – Изд-во «Атомиздат», 1970. – 303 с.

67. Ю.А. Сапожников и др. Радиоактивность окружающей среды // Москва. – Изд-во «Бином», 2006. – 286 с.

68. Ю.П. Пивоваров, В.П. Михалёв. Радиационная экология: Учебное пособие для высших учебных заведений // Москва. – Издательский центр «Академия», 2004 г. – 240 с.

Internet saytlari ro'yxati:

• Радиационные пояса Ван-Алена // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.alexfl.ru>

• Радиационная экология // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org...>

• Радиоактивный космос // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://nuclphys.sinp.msu.ru...>

• Радиационные пояса Ван-Алена // [Электрон ресурс]. Режим доступа:

<http://www.alexfl.ru>

• В. Хижняк. Пособие для граждан «Осторожно! Радиация» // [Электрон ресурс]. Режим доступа:

<http://nuclearno.ru>

• Тройка вещей, о которых Вы не знали, что они радиоактивны // [Электрон ресурс]. Режим доступа:

<http://econet.ru...>

• Тройка вещей, о которых Вы не знали, что они радиоактивны // [Электрон ресурс]. Режим доступа:

<http://econet.ru...>

• 9 радиоактивных вещей // [Электрон ресурс]. Режим доступа:

<http://www.medsovet.info...>

• Сканеры в аэропортах и уровень радиации при перелетах // [Электрон ресурс]. Режим доступа: <http://www.livejournal.com...>

www.ziyonet.uz

www.referat.Ru

www.bankreferatov.ru

www.nature.uz

www.pedagog.uz

<http://bio-phys.narod.ru>

<http://www.ionization.ru>

<http://www.cultinfo.ru/>

<http://yanko.lib.ru>

<http://humbio.ru>

<http://www.library.biophys.msu.ru>

<http://elkin52.narod.ru>

<http://www.krugosvet.ru>

<http://www.rubin-center.ru>

<http://www.rl7.bmstu.ru>

MUNDARIJA

Kirish.....	3
<i>Mavzu:</i> Radiobiologiya fanining predmeti, tadqiqot obyekti, maqsad va vazifalari, radiobiologiya fanining rivojlanish tarixi. Ionlashtiruvchi nurlanish va uning xossalari. Dozimetriya. Doza va o'lchov birliklari. Dozimetrik qurilmalar.....	5
<i>Mavzu:</i> Ionlashtiruvchi radiatsiyaning ta'sir mexanizmi. Organizmlarning radiatsion nurlanish ta'siriga chidamlilik darajasi. Organizm, organ va to'qimalarning radio sezgirligi. Kritik organlar. Radiatsion alomatlar: ilik-miya, oshqozon-ichak, serebral. Ionlantiruvchi nurlarning yaxlit organizmga ta'siri. O'tkir va surunkali nur xastaliklari. Radiatsion zararlanishdan keyin organizmda kechadigan tiklanish jarayonlari.....	40
<i>Mavzu:</i> Radioprotektorlar. Radioprotektorlarning tasniflanishi. Radioprotektorlarning ta'sir mexanizmi. Radioizotoplar va ularning tibbiyotda qo'llanilishi. Tibbiyot tadqiqotlarida va kasalliklarga tashxis qo'yishda radioizotoplardan foydalanish.....	57
<i>Mavzu:</i> Radiatsion xavfsizlik me'yorlari. Chegaraviy ruxsat etilgan doza. Samolyot, televizor ekrani, uyali aloqa vositalari, Kompyuter monitori, tibbiyot asbob-qurilmalari, radiatsion oziq-ovqat mahsulotlari, radiatsion ekologiya ta'siridagi nurlanishlar. Nurlanishni oldini olish chora-tadbirlari.....	74

AMALIY MASHG'ULOT QISMI

<i>Mavzu:</i> Radiatsiya va hayot. Radioaktivlik va rentgen nurlarning kashf etilish tarixi. Radiatsiyaning tabiiy manbalari. Yer radiatsiyasi. Yadroviy portlashlar.....	99
<i>Mavzu:</i> Ionlashtiruvchi nurlanish va uning miqdori va o'lchovi. Atom energiyasi. Radioaktiv nurlanish tabiati.....	112

<i>Mavzu:</i> Ionlantiruvchi nurlanishning miqdori va o'lchovi. Radioaktivlikning birliklari. Dozimetriya. Dozimetrik qurilmalar.....	124
<i>Mavzu:</i> Toksikologiya va radioaktiv moddalar toksikologiyasi. Organizmning nurdan zararlanish holat darajasini baholash. Radioaktiv moddalar bilan ishlaganda sanitariya qonun-qoidalari.....	131
<i>Mavzu:</i> Ionlantiruvchi nurlar odam organizmiga ta'sir mexanizmlari haqidagi gipotezalar. Strukturaviy metabolitik gipoteza. «Biokimyoviy shok» gipotezasi «sulfogidril» gipotezasi. Radiorezistentlikning endogen fon gipotezasi.....	145
<i>Mavzu:</i> Inson tanasiga radionuklidlarning kirish yo'llari, organizmga radionuklidlarning tarqalishi, zararlanish darajasi. Inkorporatsiya qilingan radionuklidlarning zararlashning oldini olish va davolashda qo'llash yo'llari.....	153
<i>Mavzu:</i> Organizm, organ va to'qimalarning radiosezgirligi. Kritik organlar. Radiatsion alomatlar: ilik-miya, oshqozon-ichak, serebral. Nur xastaligi. O'tkir va surunkali nur xastaliklari.....	167
<i>Mavzu:</i> Organizmning to'la nurlanishdan keyingi tiklanish kinetikasi. Tiklanishning hujayraviy organ va organizm sistemasi.....	182
<i>Mavzu:</i> Radioprotektorlar va ularning tavsiflanishi. Radioprotektorlarning qo'llanilishi.....	191
<i>Mavzu:</i> Izotoplar. Tibbiyot, biologik tadqiqotlarda va kasalliklarga tashxis qo'yishda radioizotoplardan foydalanish.....	199
<i>Mavzu:</i> Atrof-muhit radiatsiyasi. Radiatsion fon.....	209
<i>Mavzu:</i> Radionuklidlar bilan oziq-ovqat mahsulotlari, qishloq xo'jalik mahsulotlari orqali zararlanish va ularga qarshi chora-tadbirlar.....	222
<i>Mavzu:</i> Insonlarda patologik holatlarning yuzaga kelishida radiatsiyaning ta'siri.....	234
Yakuniy testlar.....	244
Glosariy.....	258
Foydalanilgan va qo'shimcha o'qish uchun tavsiya qilinuvchi adabiyotlar ro'yxati.....	264

**Murotali Irisaliyevich BAZARBAYEV,
Gulbahor G'ulomovna RADJABOVA,
Gullola Amirovna BEKMURODOVA,
Nodira Alisherovna FAYZIYEVA,
Malohat Qurbonovna NORBUTAYEVA**

UMUMIY VA TIBBIY RADIOBIOLOGIYA

O'quv qo'llanma

*Muharrir Yaxshiboyev Javlon
Badiiy muharrirlar Nasiba Ergasheva,
Maftuna Vaxxobova
Texnik muharrir Yelena Tolochko
Musahhih Yaxshiboyev Javlon
Sahifalovchi Gulchehra Azizova*

Litsenziya raqami AI № 163. 09.11.2009. Bosishga 2019-yil 29-dekabrda ruxsat etildi. Bichimi 60×84¹/₁₆. Ofset qog'ozi. Tayms TAD garniturasini. Shartli bosma tabog'i 15,81. Nashr tabog'i 14,58. Shartnoma № 137–2019. Adadi 200 nusxada. Buyurtma № 82.

Original maket Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligining Cho'lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyida tayyorlandi. 100011, Toshkent, Navoiy ko'chasi, 30.
Telefon: +998-71244-10-45. Faks: +998-71244-58-55.

«AVTO-NASHR» XK bosmaxonasida chop etildi. 100005, Toshkent, 8-mart, 57.